



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza

Instituto de Geociências

Departamento de Geologia

Setor de Geologia Regional e Econômica

**Mapeamento, petrografia e geoquímica preliminar da região de
Morro do Coco, distrito de Campos dos Goytacazes, RJ.**

Camila Leão Roland

Rio de Janeiro

ABRIL/ 2013



Camila Leão Roland

**Mapeamento, petrografia e geoquímica preliminar da região de
Morro do Coco, distrito de Campos dos Goytacazes, RJ.**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Geologia, do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, apresentado como requisito necessário para a obtenção do título de Bacharel em Geologia.

Orientadores:

Prof. Dr. Everton Marques Bongioiolo

Prof. Dr. Júlio Cezar Mendes

Rio de Janeiro

ABRIL/ 2013

ROLAND, Camila Leão

Mapeamento, petrografia e geoquímica preliminar da região de Morro do Coco, distrito de Campos dos Goytacazes, RJ/ Camila Leão Roland – Rio de Janeiro: UFRJ/ IGEO, 2013. 54p.: il.

Trabalho de Final de Curso (Bacharelado em Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, 2013.

Orientadores: Everton Marques Bongioiolo; Julio Cezar Mendes

1. Mapeamento Geológico. 2. Petrografia. 3. Geoquímica. 4. Granito Morro do Coco. 5. Orógeno Ribeira. – Trabalho de Conclusão de Curso. I. Everton Marques Bongioiolo; Julio Cezar Mendes II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia III. Mapeamento, petrografia e geoquímica preliminar da região de Morro do Coco, distrito de Campos dos Goytacazes, RJ.

Camila Leão Roland

**Mapeamento, petrografia e geoquímica preliminar da região de Morro do Coco,
distrito de Campos dos Goytacazes, RJ.**

Trabalho de Conclusão de Curso de
Graduação em Geologia, do Instituto
de Geociências, Universidade Federal
do Rio de Janeiro - UFRJ, apresentado
como requisito necessário para a
obtenção do título de Bacharel em
Geologia.

Orientadores:

Prof. Dr. Everton Marques Bongioiolo

Prof. Dr. Julio Cezar Mendes

Aprovada em: _____ de _____ de 2013

Prof. Dr. Everton Marques Bongioiolo

Prof. Dr. Julio Cezar Mendes

Prof^a. Dr^a. Cícera Neysi de Almeida

Prof^a. Dr^a. Sílvia Regina de Medeiros

UFRJ
Rio de Janeiro
Abril de 2013

“Toda a diversidade, todo o encanto, toda a beleza da vida se compõe de luz e de sombras.”

Liev Tolstói - Anna Karenina

AGRADECIMENTOS

Desde pequena quero ser independente. Ao longo da vida, e em particular, da graduação, percebi que isto não é sinônimo de isolamento, e que para desfrutar das conquistas, é preciso do respaldo e do afeto daqueles que estão conosco. E são a essas pessoas que quero agradecer.

Aos meus pais, Maria de Fátima Diamantino Leão e Franck Roland Júnior por tudo que fizeram por mim, por serem meu porto seguro, e por jamais me deixarem esquecer minha capacidade.

Ao meu irmão, David Rodrigues Roland, meu grande amigo desde sempre e para sempre.

Aos meus avós, Antônia Chaves Diamantino Leão, Glória Lacerda Roland (*in memoriam*) e Franck Roland (*in memoriam*), pelo amor de toda a vida. E aos meus tios e primos, de verdade e emprestados, pelo carinho e por todos os mimos. Só não cito os nomes por medo de esquecer algum de vocês.

Aos meus orientadores, professores Everton Marques Bongioio e Julio Cezar Mendes, pela ajuda nos trabalhos de campo, por todos os conhecimentos passados e pela paciência comigo. Ao motorista do IGEO, Edinaldo pela inestimável ajuda nos dois últimos trabalhos de campo, e aos laminadores Tarcísio (Laboratório de Laminação/ DGEO/ UFRJ) e Emiraldo (Museu Nacional/ UFRJ) pela elaboração das lâminas. Agradeço também às professoras Cícera Neysi de Almeida e Silvia Regina de Medeiros por terem aceitado ler e avaliar meu trabalho.

Aos meus amigos de faculdade e de fora dela, por tornarem mais leves os momentos difíceis dessa etapa da minha vida. Em especial, quero agradecer a Marcella Simões, pela grande ajuda em campo; ao Rodrigo Vinagre, pelas longas conversas sobre escrever trabalhos; e Mirella Oliveira e Rodrigo Guedes Borba, pela ajuda na formatação do relatório e na confecção dos mapas, respectivamente; além do aluguel de seus (santos) ouvidos e da psicologia leiga usada nos momentos de desespero.

RESUMO

ROLAND, Camila Leão. **Mapemento, petrografia e geoquímica preliminar da região de Morro do Coco, distrito de Campos dos Goytacazes, RJ.** 2013. 53p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Este relatório consiste de dados de mapeamento, descrição petrográfica e análises litogeoquímicas das rochas aflorantes nos arredores de Morro do Coco, distrito de Campos dos Goytacazes, RJ. Para isto realizou-se o mapeamento geológico em escala 1: 25000, descrições de lâminas de amostras coletadas em campo, e caracterização litogeoquímica por fluorescência de raios x (FRX). Na região afloram três unidades, os paragneisses da Unidade São Fidélis, pertencente ao Complexo Paraíba do Sul; granitóides tardi-colisionais representados pelos ortogneisses da Unidade Angelim, e os granitóides pós-colisionais representados pelo Granito Morro do Coco.

A Unidade São Fidélis compreende biotita-gnaisses migmatíticos, contendo leucossoma pegmatítico, composto por quartzo, feldspato, granada e biotita. O paleossoma é o biotita-gnaiss leucocrático, de granulação média, e mineralogia composta por biotita, plagioclásio, microclina, quartzo, granada e sillimanita. As paragêneses mineralógicas observadas indicam que esta rocha é de protólito sedimentar, metamorfisada em fácies anfibolito alto/ granulito.

A Unidade Angelim é formada por ortogneisses leucocráticos, de granulação média, com foliação principal marcada por planos de biotita e megacristais de feldspato de até 5 cm. A mineralogia é composta por microclina, biotita, quartzo, plagioclásio, titanita, allanita, zircão e opacos. Foi observada uma variação composicional primária desta unidade, composta por hornblenda, plagioclásio, granada, biotita, titanita, zircão, clorita, rutilo e opacos. A(s) paragênese(s) observada(s) mostram que esta unidade é ortoderivada, também metamorfisada em fácies anfibolito.

O Granito Morro do Coco aflora como um corpo arredondado de aproximadamente 44 km², de uma rocha fina e homogênea. A granulação é de 3 mm, e a mineralogia é composta por microclina, plagioclásio, biotita, quartzo, allanita, titanita, apatita, clorita, opacos e mica branca, e apresenta textura equigranular. Devido a estas características, não foi possível fazer separação faciológica nesta rocha. Os dados litogeoquímicos obtidos possibilitaram a inferência de séries, processos preponderantes durante cristalização e assinaturas magmáticas. Desta forma, este granito possui assinatura cálcio-alcalina levemente peraluminosa de alto K.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO E METODOLOGIA	2
4. GEOLOGIA REGIONAL	5
5. GEOLOGIA LOCAL.....	10
5.1. TRABALHOS ANTERIORES	10
5.2. UNIDADE SÃO FIDÉLIS	11
5.2.1. ASPECTOS DE CAMPO.....	11
5.2.2. PETROGRAFIA	15
5.3. UNIDADE ANGELIM	19
5.3.1. ASPECTOS DE CAMPO.....	19
5.3.2. PETROGRAFIA	22
5.4. GRANITO MORRO DO COCO.....	28
5.4.1. ASPECTOS DE CAMPO.....	28
5.4.2. PETROGRAFIA	31
6. GEOQUÍMICA	36
6.1. CLASSIFICAÇÃO LITOLÓGICA - DIAGRAMA TAS.....	37
6.2. DISTINÇÃO DE SÉRIES MAGMÁTICAS	38
6.2.1. DIAGRAMA AFM	38
6.2.2. DIAGRAMA SiO ₂ X K ₂ O	39
6.2.3. DIAGRAMAS DE FROST <i>et. al</i> (2001) E SHAND (1943).....	40
6.3. DIAGRAMAS DE VARIAÇÃO DE HARKER	41
6.4. DIAGRAMAS MULTIELEMENTARES (<i>SPIDERDIAGRAMS</i>).....	44
6.5. DIAGRAMAS DISCRIMINANTES DE AMBIENTES TECTÔNICOS	46
7. CONCLUSÕES	48
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
ANEXO I: TABELA DE PONTOS VISITADOS EM CAMPO	
ANEXO II: MAPA GEOLÓGICO DE MORRO DO COCO, DISTRITO DE CAMPOS DOS GOYTACASES, RJ	
ANEXO III: MAPA DE PONTOS DE MORRO DO COCO, DISTRITO DE CAMPOS DOS GOYTACASES, RJ	

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição modal para quatro amostras do Ortognaisse Angelim. **Pg. 28**

Tabela 2: Composição modal para quatro amostras do Granito Morro do Coco. **Pg. 36**

Tabela 3: Resultados das análises químicas para elementos maiores (% em peso) e traços (em ppm) das cinco amostras do GMC. **Pg. 37**

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Imagens de satélite (fonte: Google Maps). **A:** Imagem de localização da área de estudo e seus acessos, no retângulo preto; **B:** Ampliação da imagem A indicando a área de estudo no retângulo branco. **Pg. 4**

Figura 2: Província Mantiqueira, composta pelas faixas móveis Araçuaí, Ribeira, Brasília, Apiaí e Dom Feliciano. Extraída de Heilbron *et. al* (2004). **Pg. 5**

Figura 3: Mapa tectônico do segmento central do Orógeno Ribeira. 1 – Coberturas quaternárias; 2 – Bacias de *rift* (Terciário); 3 – Rochas alcalinas (K-T); (4-9) – Granitos neoproterozóicos e ortognaisses: 4 – Biotita-granitos pós-colisionais (510-480 Ma); 5 – Leucogranitos sin-colisionais (535-520 Ma); 6 – Charnockitos; 7 – Granitos tardi-colisionais (560 Ma); 8 – Granitos porfiríticos sin-colisionais tipo-I (590-560 Ma); 9 – Leucogranitos sincolisionais (590-560 Ma), Granitos híbridos tipo-S e charnockitos; 10 – Arco Magmático Rio Negro e suítes relacionadas (790-620 Ma, pré-colisional); (11-15) – Terreno Ocidental; (11-12) Megassequência Andrelândia: 11 – Sequência Rio do Turvo (Superior), localmente atingindo fácies granulito de alta pressão; 12 – Sequência Carrancas (Inferior); 13 – Complexo Mantiqueira: ortognaisses (Arqueano - Paleoproterozóico) e anfibolitos; 14 – Domínio Juiz de Fora: fácies distal da Megassequência Andrelândia; 15 – Complexo Juiz de Fora: ortogranulitos paleoproterozóicos; (16-18) – Terrenos Embú e Paraíba do Sul; 16 – Complexo Embú; 17 – Complexo Paraíba do Sul; 18 – Complexo Quirino: ortognaisses paleoproterozóicos; (19-20) – Terreno Oriental; 19 – Domínio Italva: carbonatos plataformais e anfibolitos; 20 – Domínio Costeiro: paragnaisses de alto grau; (21-22) – Terreno Cabo Frio; 21 – Domínios Búzios e Palmital: cianita-granada-sillimanita-paragnaisses; 22 – Complexo Região dos Lagos: ortognaisses *ca.* 1.9 Ga e anfibolitos; 23 – Zonas de empurrões principais; 24 – Limite Tectônico Central (CTB); 25 – Zonas de cisalhamento destrais subverticais. Extraída de Heilbron *et. al* (2008). **Pg. 6**

Figura 4: Seção Geológica do segmento central do Orógeno Ribeira. 1 – Rochas do embasamento; 2 – Cobertura do Domínio Autóctone; (3 e 4) - Terreno Ocidental; 3 – Domínio Andrelândia; 4 – Domínio Juiz de Fora; 5 – Terreno Paraíba do Sul; (6-9) – Terreno Oriental; 6 – Domínio Cambuci; 7 – *Klippe* Italva; (8 e 9) – Domínio Costeiro; 8 – Arco Magmático Rio Negro; 9 – Sucessões metassedimentares; 10 – Terreno Cabo Frio; 11 – Limite Tectônico Central (CTB); 12 – Zona de Cisalhamento Além Paraíba (APSZ); 13 – Empurrão Cabo Frio (CFT). Extraída de Heilbron *et. al* (2008). **Pg. 7**

Figura 5: Exposição em leito de córrego da Unidade São Fidélis. **Pg. 12**

Figura 6: Injeção pegmatítica cortando a foliação do biotita-gnaiss migmatítico. **Pg. 12**

Figura 7: Bolsões de fusão parcial indicados por setas amarelas. Abaixo, estrutura estromática. **Pg. 13**

Figura 8: Biotita-gnaiss migmatítico com bolsões de leucossoma. **Pg. 13**

Figura 9: Detalhe da estrutura migmatítica do biotita-gnaiss, mostrando a relação entre o leucossoma e o paleossoma (mesossoma?). **Pg. 14**

Figura 10: Dobras ptigmáticas com porções mais finas dos veios tendendo a ser concordantes com a foliação. **Pg. 14**

Figura 11: Porfiroblastos de granada com movimento destal. **Pg. 15**

Figura 12: Paletas de biotita, com alteração para clorita e minerais opacos (N//, objetiva de 2,5X). **Pg. 17**

Figura 13: Porfiroblasto de granada com inclusões de quartzo e fraturas preenchidas por óxidos de ferro (N//, objetiva de 2,5X). **Pg. 17**

Figura 14: Seção basal de sillimanita. (N//, objetiva de 10X). **Pg. 18**

Figura 15: Feixes de fibrolita. (NX, objetiva de 2,5X). **Pg. 18**

Figura 16: Exposição do ortogneiss da Unidade Angelim em encosta com depósito de talus na base. **Pg.19**

Figura 17: Megacristais de feldspato do ortogneiss da Unidade Angelim. **Pg. 20**

Figura 18: Enclave de rocha fina, composto por biotita, feldspato e granada. **Pg. 20**

Figura 19: Injeções de pegmatito cortando a foliação do ortogneiss de Unidade Angelim. **Pg. 21**

Figura 20: Detalhe de injeção pegmatítica com variação na granulação. **Pg. 21**

Figura 21: Textura mimerquítica em microclina no contato com os plagioclásios (NX, objetiva de 2,5X). **Pg. 24**

Figura 22: Paletas de biotitas com pleocroísmo oscilando de castanho amarelado a marrom (N//, objetiva de 2,5X). **Pg. 24**

Figura 23: Paleta de biotita com alterações para clorita e opacos (N//, objetiva de 2,5X). **Pg. 25**

Figura 24: Cristal de allanita com hábito prismático (N//, objetiva de 2,5X). **Pg. 25**

Figura 25: Cristais de hornblenda com pleocroísmo verde (N//, objetiva de 2,5X). **Pg.26**

Figura 26: Cristal de granada bordejado por plagioclásio (N//, objetiva de 2,5X). **Pg. 26**

Figura 27: Sobrecrecimentos de titanita em biotita e plagioclásio (N//, objetiva de 2,5X). **Pg. 27**

Figura 28: Diagrama QAP para amostras do Ortognaisse Angelim. LEGENDA: **a.** Quartzolito (silexito), **b.** granitóides ricos em quartzo, **c.** álcalifeldspato granito, **d.** sienogranito, **e.** monzogranito, **f.** granodiorito, **g.** tonalito, **h.** quartzo álcali-feldspato granito, **i.** quartzo-sienito, **j.** quartzo-monzonito, **k.** quartzo-monzodiorito/quartzo-monzogabro, **l.** quartzodiorito/ quartzo-gabro/quartzo-anortosito, **m.** álcali-feldspato sienito, **n.** sienito, **o.** monzonito, **p.** monzodiorito/monzogabro, **q.** diorito/gabro/anortosito. **Pg. 27**

Figura 29: Blocos do Granito Morro do Coco. **Pg. 29**

Figura 30: Corte de bloco do Granito Morro do Coco em base de encosta. **Pg. 29**

Figura 31: Dique do Granito Morro do Coco (GMC) cortando o ortognaisse Angelim (OgA). **Pg. 30**

Figura 32: Injeções do Granito Morro do Coco (GMC) e de pegmatito (P) no ortognaisse Angelim (OgA) dentro do mesmo conduto. **Pg. 30**

Figura 33: Granito Morro do Coco com textura equigranular (NX, objetiva de 2,5X). **Pg. 32**

Figura 34: Exsudações de sílica alojadas em cristal de microclina (NX, objetiva de 2,5X). **Pg. 32**

Figura 35: Paleta de biotita com alteração para clorita nos planos de clivagens (N//, objetiva de 10X). **Pg. 33**

Figura 36: Paleta de biotita com inclusões de zircão e alteração para mineral opaco (N//, objetiva de 10X). **Pg. 33**

Figura 37: Cristal de titanita com alterações para minerais opacos nas fraturas (NX, objetiva de 10X). **Pg. 34**

Figura 38: Cristal alongado de allanita com alterações parciais para minerais opacos (N//, objetiva de 10X). **Pg. 34**

Figura 39: Diagrama QAP para quatro amostras do GMC. LEGENDA: **a.** Quartzolito (silexito), **b.** granitóides ricos em quartzo, **c.** álcali-feldspato granito, **d.** monzogranito, **e.** granodiorito, **f.** tonalito, **g.** quartzo álcali-feldspato granito, **h.** quartzo-sienito, **i.** quartzo-monzonito, **j.** quartzo-monzodiorito/quartzo-monzogabro, **k.** quartzo-diorito/quartzo-gabro/quartzo-anortosito, **l.** álcali-feldspato sienito, **m.** sienito, **n.** monzonito, **o.** monzodiorito/monzogabro, **p.** diorito/gabro/anortosito. **Pg. 35**

Figura 40: Diagrama TAS (Cox *et. al*, 1979). **Pg. 37**

Figura 41: Diagrama AFM (Irvine & Baragar, 1979). **Pg. 38**

Figura 42: Diagrama SiO_2 X K_2O (Peccerillo & Taylor, 1976). **Pg. 39**

Figura 43: Diagramas de Frost *et. al* (2001) para diferenciação de séries magmáticas. **Pg. 40**

Figura 44: Diagrama de Shand (1943). **Pg. 41**

Figura 45: Diagramas de variação de Harker para elementos maiores. **Pg. 42**

Figura 46: Diagramas de variação de Harker para elementos menores. **Pg. 43**

Figura 47: *Spiderdiagram* normalizado para MORB (Pearce *et. al*, 1983). **Pg. 45**

Figura 48: *Spiderdiagram* normalizado para crosta continental média (Weaver & Tarner, 1984). **Pg. 45**

Figura 49: Diagramas discriminantes de ambientes tectônicos (Pearce *et. al*, 1984).
Legenda: Granitos de arcos vulcânicos (VAG); Granitos intraplaca (WPG); Granitos de dorsal meso-oceânica (ORG); Granitos sin-colisionais (syn-COLG). **Pg. 46**

Figura 50: Diagrama $R1$ x $R2$ (Batchelor & Bowden, 1985). **Pg.47**

1. INTRODUÇÃO

Após o fim da construção do Orógeno Ribeira, ocorreu a ascensão de corpos graníticos pós-tectônicos, principalmente no Terreno Oriental. No estado do Rio de Janeiro, esses corpos são estudados desde a metade da década de 60, quando Hembold *et al.* elaboraram o primeiro Mapa Geológico do então Estado da Guanabara.

Em estudos mais recentes, Silva *et. al* (2000) mapearam vinte e três desses corpos, que possuem forte expressão aflorante. De acordo com os autores, esses granitóides ocorrem como corpos tabulares, diques, *stocks*, ou como batólitos cortando as rochas adjacentes. Valeriano *et. al* (2011) estabeleceram um intervalo de geração desses granitoides entre 511 Ma e 486 Ma (Cambriano - Ordoviciano). Dentre esses corpos, um dos menos estudados é o Granito Morro do Coco.

O Granito Morro do Coco aflora na região norte do estado do Rio de Janeiro, nas imediações de Morro do Coco e Carabuçu, distritos dos municípios de Campos dos Goytacazes e Bom Jesus do Itabapoana, respectivamente. No mapa de Silva *et al.* (2000) está representado por um batólito arredondado de aproximadamente 44 km² de área, e outras quatro intrusões menores de formato mais alongado. Este trabalho foi realizado com o objetivo de aprofundar o conhecimento sobre o Granito Morro do Coco, bem como o magmatismo pós-colisional do Orógeno Ribeira, e a relação dessa rocha com suas encaixantes.

2. OBJETIVO E METODOLOGIA

O principal objetivo deste trabalho é o estudo mais detalhado do Granito Morro do Coco, ampliando o conhecimento sobre esta rocha, situando-o na evolução do Orógeno Ribeira, sobretudo quanto ao magmatismo pós-colisional, estabelecendo-se também as relações temporais com as suas encaixantes.

Para tanto, o trabalho se deu em três etapas: campo, laboratório e escritório. A etapa de campo consistiu do mapeamento de uma área de 216 km², utilizando a carta topográfica digitalizada de Morro do Coco (folha SF-24-G-II-3) disponível no *site* do IBGE. Em virtude da escala (1: 50000), esta foi ampliada para 1: 25000 a fim de facilitar a plotagem dos pontos e aumentar a escala de mapeamento. O trabalho realizado constituiu-se de obtenção das coordenadas UTM utilizando GPS Garmin 12XL configurado para o *datum* Córrego Alegre; plotagem dos pontos no mapa; descrição detalhada das rochas encontradas, com elaboração de croquis e fotografias; obtenção de medidas estruturais utilizando bússola declinada pra 22° W; e por fim, coleta, descrição e catalogação de amostras.

Neste trabalho, foram feitos noventa pontos geológicos. A disposição dos pontos na área mapeada e a relação completa com as respectivas amostras e lâminas encontram-se, respectivamente, nos Anexos I e III.

A etapa de laboratório consistiu em petrografia e preparação de amostras para análises litogeoquímicas. Foram confeccionadas doze lâminas delgadas; oito no Laboratório de Laminação do Departamento de Geologia da UFRJ e quatro no Laboratório de Laminação Departamento de Geologia e Paleontologia do Museu Nacional, a partir de amostras coletadas em campo. As rochas foram descritas de acordo com sua textura, granulação, mineralogia, relações entre os cristais, e composição modal em microscópio petrográfico binocular. A classificação de rochas magmáticas foi feita de acordo com o diagrama QAP proposto por Le Maître (2002). O teor de anortita (An) em plagioclásios foi obtido utilizando a seção (100) através do método da dupla macla estabelecido por Deer *et. al* (2000), e as composições modais

foram feitas com contador de pontos eletrônico, sendo contados 700 pontos por lâmina.

As análises litogeoquímicas foram feitas com cinco amostras do Granito Morro do Coco. As amostras foram lavadas e britadas em britador de mandíbula e, em seguida, as britas foram novamente lavadas separando-se as partes alteradas, a fim de evitar erros de interpretação. O material foi quarteado e moído em moinho de disco vibratório Siebtechnik, durante um minuto. Foram feitas análises por espectrometria de massa por fluorescência de raios X (FRX), que determina a concentração de elementos maiores (em % em peso), menores e traços (em ppm) no espectrômetro Phillips PW2400, no Laboratório de Fluorescência de Raios X do Departamento de Geologia da UFRJ.

A etapa de escritório consistiu na confecção do mapa geológico (Anexo II), do mapa de pontos, tratamento dos dados das análises litogeoquímicas, além da elaboração deste relatório. Foram feitas superposições dos mapas geológico e de pontos a partir da carta topográfica e da tabela de pontos, através do *software* ArcGIS®, versão 9.3. O tratamento dos dados litogeoquímicos foi feito no *software* Geochemical Data Toolkit (GCDkit®), versão 3.00. Através dele, foram confeccionados diagramas de classificação litológica, distinção de séries magmáticas, avaliação de possíveis processos evolutivos e inferência de ambientes tectônicos.

3. LOCALIZAÇÃO E ACESSOS

A área estudada é próxima ao distrito de Morro do Coco, em Campos dos Goytacazes, região norte do Estado do Rio de Janeiro. Está situada entre as coordenadas UTM 7635000 e 7641000 (latitude) e 258000 e 249000 (longitude) da carta topográfica de Morro do Coco (SF-24-G-II-3) elaborada pelo IBGE.

A principal via de acesso é a rodovia BR-101. Partindo da capital, segue-se para norte por 319 km, passando pelo município de Campos dos Goytacazes, e vira-se a oeste na altura do quilômetro 19 da rodovia (Figura 1).

Alternativamente, pode-se utilizar a RJ-204, a partir da BR-101. Em Campos, vira-se a oeste para a RJ-158, seguindo para São Fidélis, e depois para norte na RJ-204 por aproximadamente 64 km.

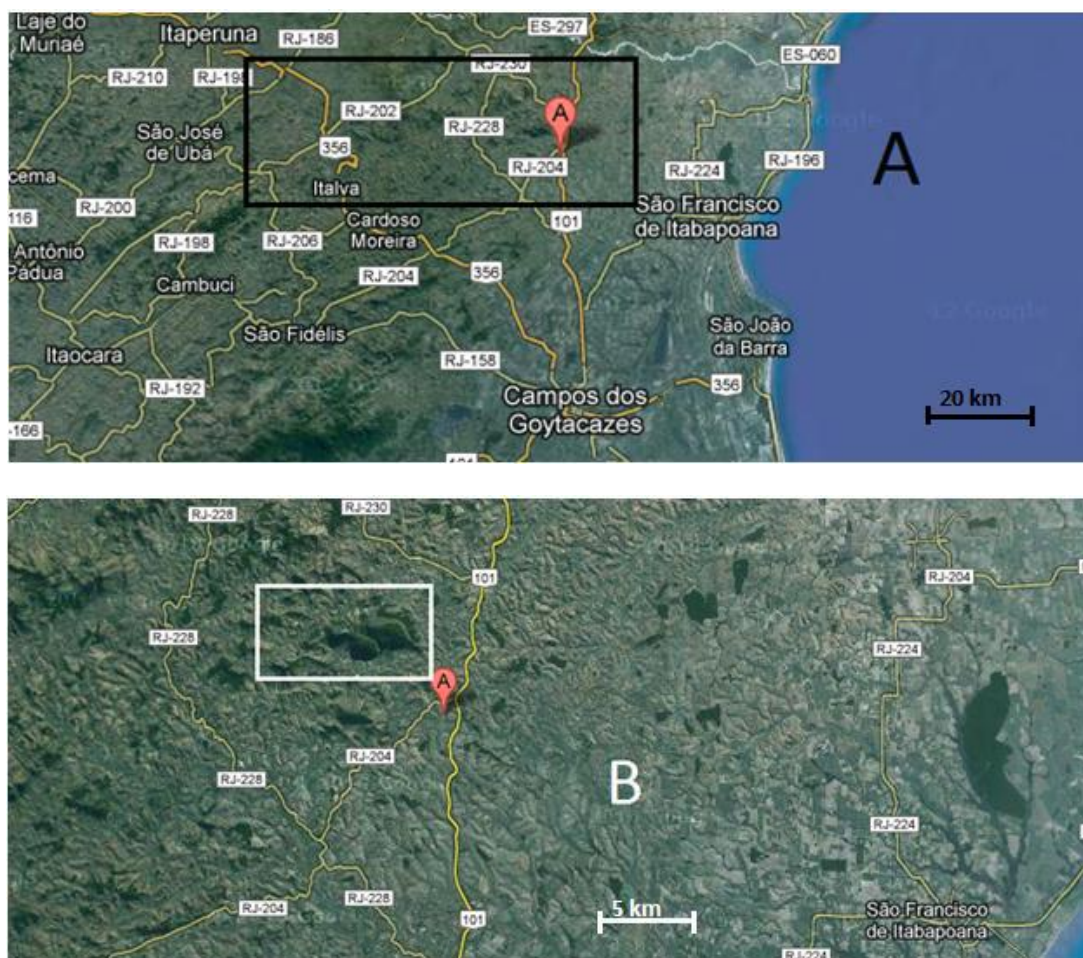


Figura 1: Imagens de satélite (fonte: Google Maps). **A:** Imagem de localização da área de estudo e seus acessos, no retângulo preto; **B:** Ampliação da imagem A indicando a área de estudo no retângulo branco.

3. GEOLOGIA REGIONAL

A área de estudo localiza-se na Província Mantiqueira (Figura 2), província estrutural neoproterozóica desenvolvida durante a Orogênese Brasileira – Pan-africana (880 a 480 Ma). É dividida nos segmentos Setentrional, Central e Meridional, e composta pelas faixas Araçuaí, Brasília, Ribeira, Apiaí e Dom Feliciano (Almeida, 1977).

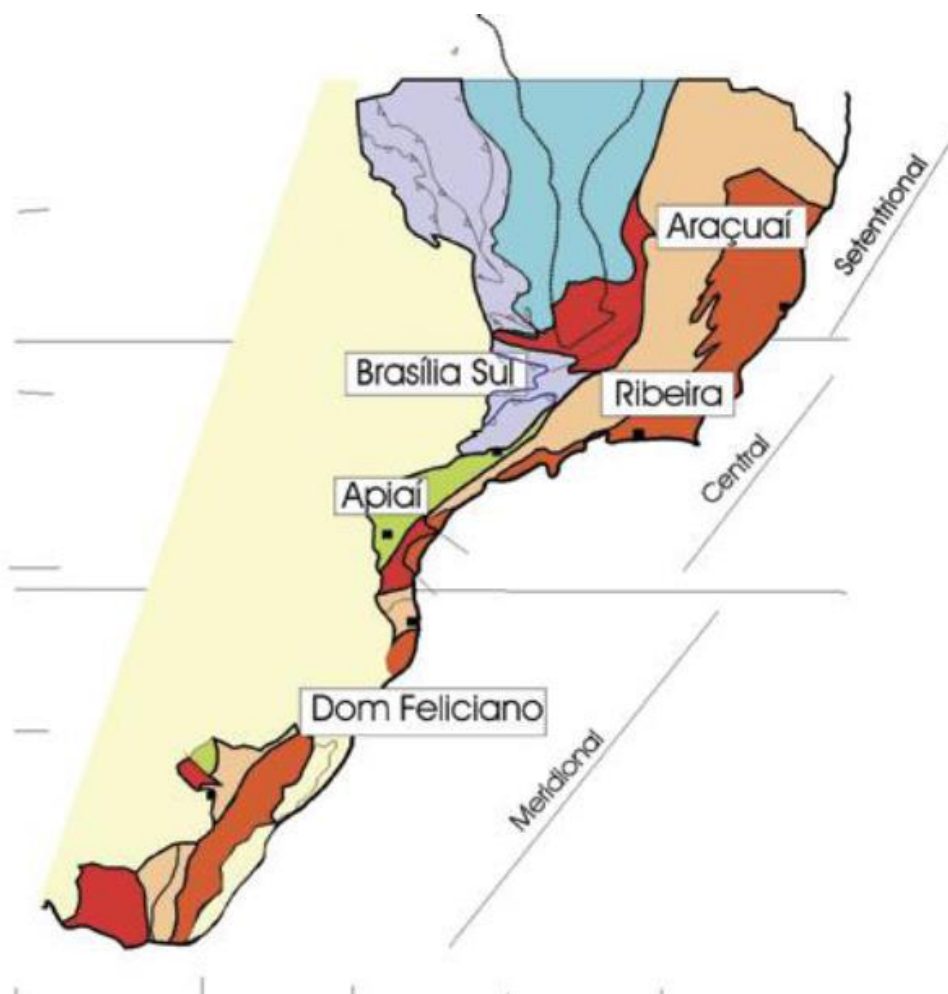


Figura 2: Província Mantiqueira, composta pelas faixas móveis Araçuaí, Ribeira, Brasília, Apiaí e Dom Feliciano. Extraída de Heilbron *et. al* (2004).

No segmento central, ocorre o Orógeno Ribeira, cinturão orogenético desenvolvido devido à colisão dos crátons do São Francisco, Congo e um terceiro bloco, que, segundo Trouw *et. al* (2000), está recoberto pelas rochas fanerozóicas da Bacia do Paraná. O Orógeno Ribeira é limitado a nordeste pela Faixa Araçuaí, por uma

zona de transição contínua; a noroeste pela Faixa Brasília por zonas de cisalhamento oblíquas e empurrões de mergulho íngreme (Heilbron *et. al*, 2004); e a sudoeste pelo Cráton Luís Alves. A área de estudo situa-se na porção central do Orógeno Ribeira (Figura 3), que é subdividido em quatro terrenos tectono-estratigráficos, separados por zonas de cisalhamento oblíquas: Ocidental, Oriental, Cabo Frio, e *Klippe* Paraíba do Sul (Heilbron *et. al*, 2004; Heilbron *et. al*, 2008).

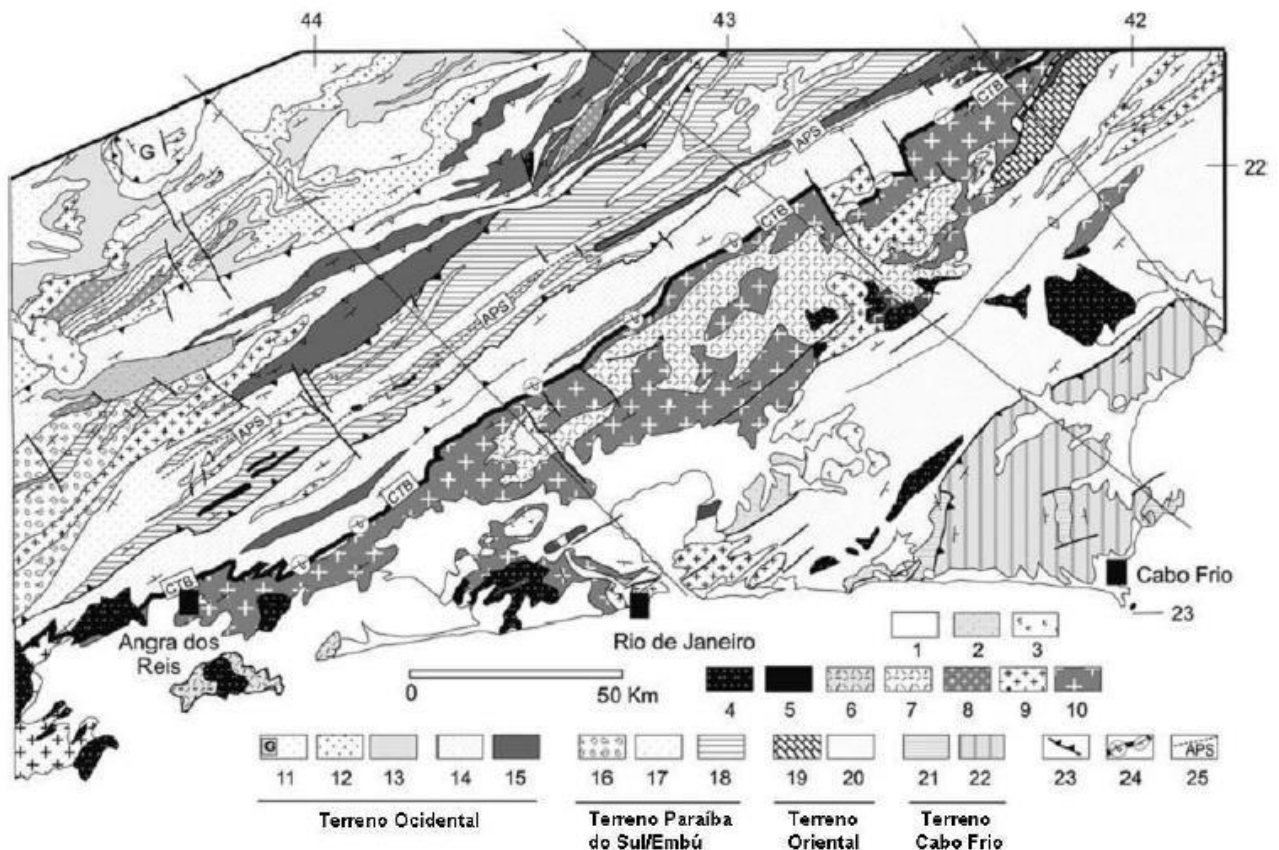


Figura 3: Mapa tectônico do segmento central do Orógeno Ribeira. 1 – Coberturas quaternárias; 2 – Bacias de *rift* (Terciário); 3 – Rochas alcalinas (K-T); (4-9) – Granitos neoproterozóicos e ortognaisses: 4 – Biotita-granitos pós-colisionais (510-480 Ma); 5 – Leucogranitos sin-colisionais (535-520 Ma); 6 – Charnockitos; 7 – Granitos tardi-colisionais (560 Ma); 8 – Granitos porfíricos sin-colisionais tipo-I (590-560 Ma); 9 – Leucogranitos sincolisionais (590-560 Ma), Granitos híbridos tipo-S e charnockitos; 10 – Arco Magmático Rio Negro e suítes relacionadas (790-620 Ma, pré-colisional); (11-15) – Terreno Ocidental; (11-12) Megassequência Andrelândia: 11 – Sequência Rio do Turvo (Superior), localmente atingindo fácies granulito de alta pressão; 12 – Sequência Carrancas (Inferior); 13 – Complexo Mantiqueira: ortognaisses (Arqueano - Paleoproterozóico) e anfibolitos; 14 – Domínio Juiz de Fora: fácies distal da Megassequência Andrelândia; 15 – Complexo Juiz de Fora: ortogranulitos paleoproterozóicos; (16-18) – Terrenos Embú e Paraíba do Sul; 16 – Complexo Embú; 17 – Complexo Paraíba do Sul; 18 – Complexo Quirino: ortognaisses paleoproterozóicos; (19-20) – Terreno Oriental; 19 – Domínio Italva: carbonatos plataformais e anfibolitos; 20 – Domínio Costeiro: paragneisses de alto grau; (21-22) – Terreno Cabo Frio; 21 – Domínios Búzios e Palmital: cianita-granada-sillimanita-paragneisses; 22 – Complexo Região dos Lagos: ortognaisses *ca.* 1.9 Ga e anfibolitos; 23 – Zonas de empurrões principais; 24 – Limite Tectônico Central (CTB); 25 – Zonas de cisalhamento destrais subverticais. Extraída de Heilbron *et. al* (2008).

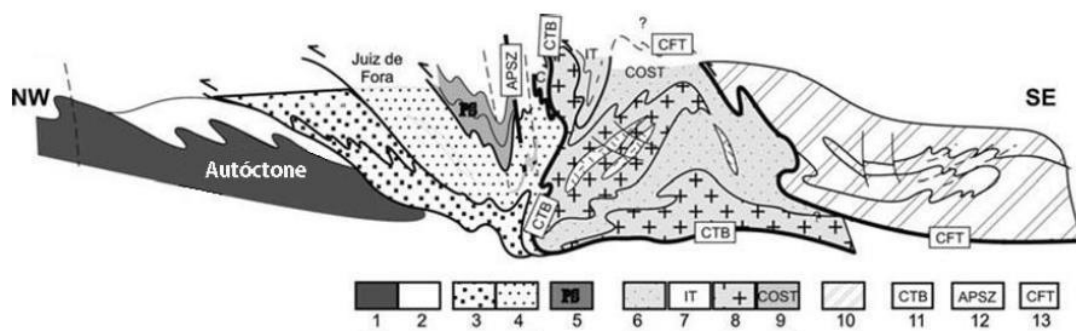


Figura 4: Seção Geológica do segmento central do Orógeno Ribeira. 1 – Rochas do embasamento; 2 – Cobertura do Domínio Autóctone; (3 e 4) – Terreno Ocidental; 3 – Domínio Andrelândia; 4 – Domínio Juiz de Fora; 5 – Terreno Paraíba do Sul; (6-9) – Terreno Oriental; 6 – Domínio Cambuci; 7 – *Klippe* Italva; (8 e 9) – Domínio Costeiro; 8 – Arco Magmático Rio Negro; 9 – Sucessões metassedimentares; 10 – Terreno Cabo Frio; 11 – Limite Tectônico Central (CTB); 12 – Zona de Cisalhamento Além Paraíba (APSZ); 13 – Empurrão Cabo Frio (CFT). Extraída de Heilbron *et. al* (2008).

O Terreno Ocidental (Figura 4) é composto por três domínios estruturais: Autóctone, Andrelândia e Juiz de Fora. O Domínio Autóctone é uma extensão do Cráton do São Francisco, e é composto por ortognaisses granodioríticos a tonalíticos, de idade arqueana-paleoproterozóica associados às megassequências metassedimentares São João del Rei e Carandaí, interpretadas como sendo de bacias intracontinentais. Já os domínios Juiz de Fora e Andrelândia são representados por gnaisses paleoproterozóicos associados a rochas metassedimentares da Megassequência Andrelândia, interpretada como sendo de margem passiva (Paciullo *et. al*, 2000, *apud* Heilbron *et. al*, 2004 e Heilbron *et. al*, 2008).

A *Klippe* Paraíba do Sul (Figura 4) é uma estrutura sinformal contendo intercalações entre biotita-gnaisses e sillimanita-biotita gnaisses, formando bandamentos. Nessas rochas ocorrem também lentes de rochas calcissilicáticas, mármore, sillimanita-quartzo xistos e gonditos. Ocorrem também hornblenda-gnaisses de idade paleoproterozóica (Heilbron *et. al*, 2004; Heilbron *et. al* 2008).

O Terreno Oriental (Figura 4) também é subdividido em três domínios estruturais: Cambuci, Costeiro, e *Klippe* Italva. O Domínio Cambuci é composto por granada-biotita gnaisses migmatíticos, com lentes de olivina mármore dolomíticos, rochas calcissilicáticas e granada-diopsídio granulitos. O Domínio Costeiro é composto por paragnaisses kinzingíticos, ricos em granada, sillimanita e cordierita. Há também ortognaisses derivados de magmas cálcioalcalinos graníticos e gabróicos de duas

gerações; a mais antiga data de 790 Ma e é de médio-K; a mais nova data de 635-620 Ma e é de alto-K (Heilbron *et. al*, 2008). A *Klippe* Italva é uma lasca tectônica empurrada sobre os domínios Cambuci e Costeiro, e é uma sequência metassedimentar composta por mármore calcíticos intercalados com anfibolitos. A idade de deposição é de 840 Ma, segundo dados U-Pb de zircões dos anfibolitos (Heilbron *et. al*, 2004; Heilbron *et. al* 2008). Esta associação litológica é interpretada como sendo depositada em ambiente de margem passiva ou em bacia de retroarco (Heilbron *et. al*, 2004; Heilbron *et. al* 2008).

Entre os terrenos Ocidental e Oriental, ocorre o Limite Tectônico Central (*Central Tectonic Boundary* – CTB; Almeida *et. al*, 1998; Almeida, 2000, *apud* Heilbron *et. al*, 2008), que é considerada uma zona de cisalhamento dobrada desenvolvida em condições de alta temperatura e pressão, e de evolução estrutural complexa (Heilbron *et. al*, 2008).

O Terreno Cabo Frio (Figura 4) é composto por duas unidades principais: a primeira tem idade paleoproterozóica e é composta por ortognaisses com intrusões de anfibolitos (Schmitt *et. al*, 2004, *apud* Heilbron *et. al*, 2008). A segunda é composta por paragneisses com lentes de rochas calcissilicáticas e anfibolitos, que teria sido depositada em uma bacia de retroarco relacionada ao Arco Magmático Rio Negro (Schmitt *et. al*, 2003, *apud* Heilbron *et. al*, 2008). A amalgamação do Terreno Cabo Frio à Orógeno Ribeira data de 530-510 Ma, e este último evento colisional é chamado Orogênese Búzios, que teria ocorrido sob temperatura de 780°C e pressão de 9kbar (Schmitt *et. al*, 2003, *apud* Heilbron *et. al*, 2008).

A construção e evolução do Orógeno Ribeira é ligada ao desaparecimento do oceano Adamastor, ocorrido em dois estágios denominados por Heilbron *et. al* (2004) **Colisão II** (ca. 590-560 Ma) e **Colisão III** (ca. 535-510 Ma). O principal registro deste evento são rochas geradas em arcos de ilhas, margens ativas ou arcos magmáticos. No caso do Orógeno Ribeira, tais rochas pertencem à porção plutônica Arco Magmático Rio Negro e que afloram no Terreno Ocidental, evidenciando a direção da subducção para leste (Heilbron *et al.*, 2004).

Durante a Colisão II foram geradas zonas de cisalhamento íngremes com orientação NE-SW e zonas de encurtamento frontal com vergência para oeste, evidências que também indicam subducção para leste. Além disso, foi durante este

estágio que o Terreno Oriental e a *Klippe* Paraíba do Sul foram empurrados sobre o Terreno Ocidental, gerando deformação intensa (evidenciada por dobras apertadas a isoclinais, xistosidades e lineações de estiramento), e espessamento crustal no Domínio Juiz de Fora. O metamorfismo ocorrido é em fácies anfibolito na *Klippe* Paraíba do Sul, variando de fácies xisto-verde a granulito no Terreno Ocidental, e de fácies anfibolito a granulito no Terreno Oriental (Heilbron *et al.*, 2004).

A Colisão III é relacionada ao rápido fechamento de uma bacia oceânica, que estaria localizada entre o Arco Rio Negro e a borda sul do continente Congo (Heilbron *et al.*, 2000; Heilbron & Machado, 2003 *apud* Heilbron *et al.*, 2004). Esta última colisão resultou na acresção do Terreno Cabo Frio ao Orógeno Ribeira, causando deformações de baixo ângulo e metamorfismo nas condições já descritas. No Terreno Oriental e na *Klippe* Paraíba do Sul, a Colisão III gerou o redobramento de estruturas já existentes e a formação de zonas de cisalhamento destrais. A de maior expressão regional é a Zona de Cisalhamento Além Paraíba (Campanha, 1981 *apud* Heilbron *et al.*, 2008), que se estende de São Paulo à Região Norte do Rio de Janeiro.

Após os eventos colisionais, o Orógeno Ribeira passa por deformações pós-colisionais ligadas ao seu colapso, marcando a transição de regime compressional para extensional. Trata-se da ascensão de plútons granitoides cálcio-alcálinos associados a corpos básicos, que ocorrem principalmente sob a forma de *stocks* arredondados, soleiras e diques. Esses magmas teriam ascendido através das zonas de cisalhamento geradas anteriormente (Heilbron *et al.*, 2004; Heilbron *et al.* 2008). Um exemplo desse magmatismo relacionado ao estágio pós-colisional é o Granito Morro do Coco.

5. GEOLOGIA LOCAL

Na área estudada há três unidades de mapeamento, todas descritas no Mapa Geológico do Estado do Rio de Janeiro, elaborado por Silva *et. al* (2000), pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM).

1. Complexo Paraíba do Sul – Unidade São Fidélis;
2. Suíte Angelim;
3. Granitoides pós-tectônicos.

No mapa geológico da área deste trabalho (Anexo II) constam as relações de campo entre as unidades mapeadas e descritas a seguir.

5.1. TRABALHOS ANTERIORES

A **Unidade São Fidélis** (Mesoproterozóico/ Neoproterozóico) é uma sucessão metassedimentar, metamorfoseada em fácies anfibolito. Trata-se de granada-biotita-(sillimanita)-gnaisses intercalados com rochas calcissilicáticas, anfibolitos, quartzitos e gonditos (Tupinambá, 2007). Estas rochas possuem uma variedade kinzingítica mais restrita, contendo cordierita. Há também horizontes de xistos grafitosos e estruturas de fluxo turbidítico nos locais com baixa taxa de *strain* (Silva *et. al*, 2000).

A **Suíte Angelim** (Neoproterozóico) é um conjunto de rochas plutônicas predominantemente tonalíticas, intrudidas nos metassedimentos do Domínio Costeiro (Tupinambá, 2007). São granada-hornblenda-biotita gnaisses, com foliação transcorrente e textura porfiroclástica. Há domínios peraluminosos ricos em granada e metaluminosos ricos em hornblenda não discriminados (Silva *et. al*, 2000).

Os **Granitoides pós-tectônicos** são (hornblenda)-biotita granitoides, classificados como sendo do tipo-I. Possuem granulação variando de fina a média, textura equigranular a porfirítica, e apresentam foliação de fluxo magmático preservada localmente. Ao longo do estado do Rio de Janeiro, ocorrem como batólitos circulares, diques e soleiras tabulares cortando as rochas encaixantes (Silva *et. al*, 2000).

5.2. UNIDADE SÃO FIDÉLIS

5.2.1. ASPECTOS DE CAMPO

Esta unidade é encontrada frequentemente nas cotas mais baixas, ocorrendo em cortes de estradas vicinais, lajedos e em leitos de pequenos córregos (Figura 5). Raramente aflora em encostas, e o solo derivado é de cor vermelha.

A unidade é representada por um paragnaisse migmatítico com foliação principal orientada para SSE cortado por pegmatitos que, em geral, são discordantes da mesma (Figura 5). A rocha apresenta leucossoma e paleossoma, possuindo, estruturas estromáticas (Figura 6) bolsões, lentes e níveis de leucossoma (Figuras 7 e 8), além de dobras pitgmáticas (Figura 10). Há também porfiroblastos de granada com movimento destrai (Figura 11) e sombra de pressão composta por biotita e sillimanita.

O leucossoma possui granulação média, variando entre 2 e 4 mm, e ocorre como camadas delgadas concordantes com a foliação, ou em pequenos bolsões de fusão parcial que defletem a foliação. A mineralogia é composta por quartzo, feldspato, granada e biotita.

O paleossoma é o biotita-gnaiss de foliação bem marcada e granulação variando entre 0,5 e 2 mm. A mineralogia é composta por biotita, feldspato, quartzo, granada e sillimanita. A rocha também é cortada por pegmatitos com espessuras em torno de 30 cm compostos por feldspato e quartzo. Esses pegmatitos em geral, são discordantes da foliação principal, mas também ocorrem concordantes, formando bolsões anatécicos irregulares.



Figura 5: Exposição em leito de córrego da Unidade São Fidélis.



Figura 6: Injeção pegmatítica cortando a foliação do biotita-gnaiss migmatítico.

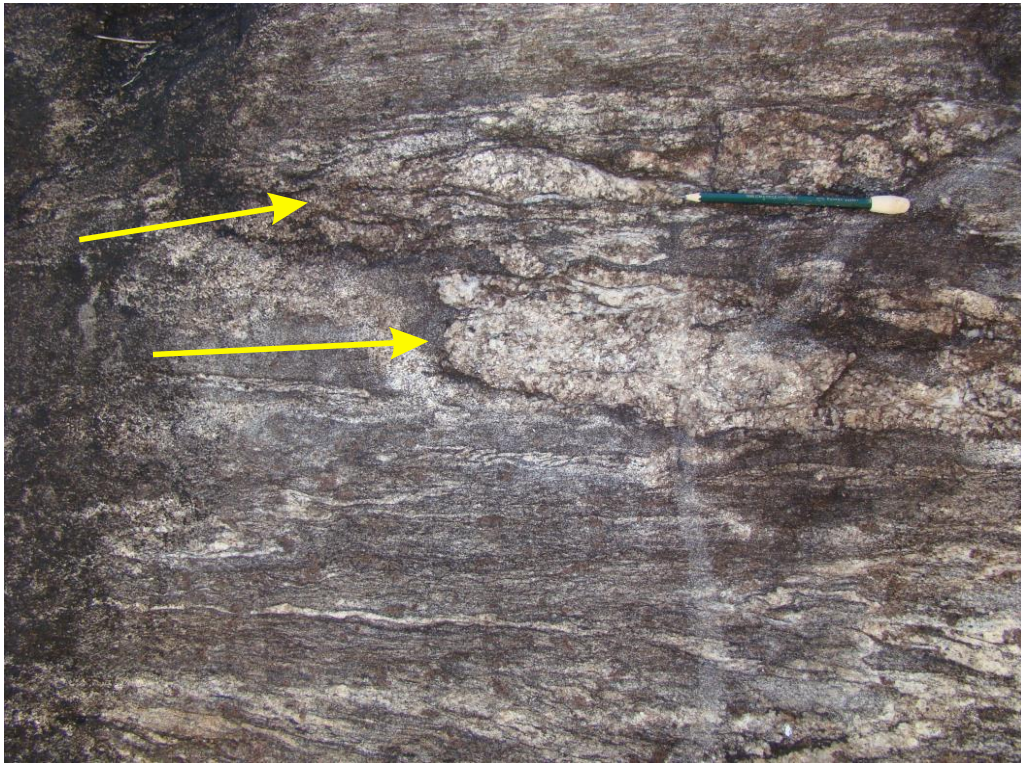


Figura 7: Bolsões de fusão parcial indicados por setas amarelas. Abaixo, estrutura estromática.



Figura 8: Biotita-gnaiss migmatítico com bolsões de leucossoma.

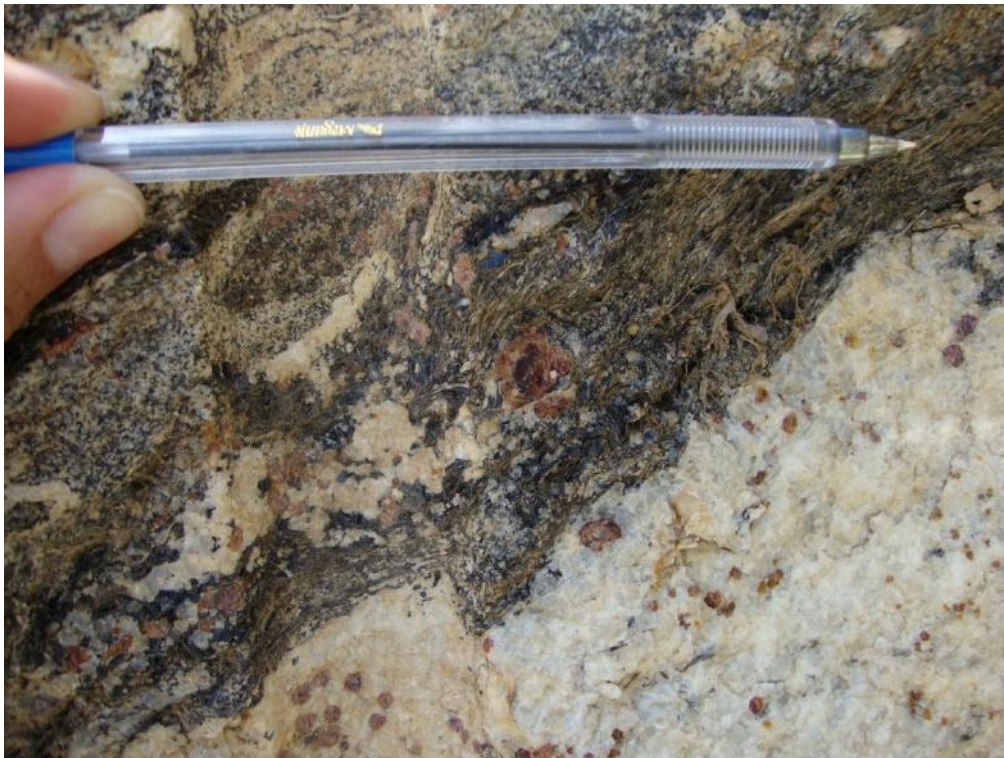


Figura 9: Detalhe da estrutura migmatítica do biotita-gnaiss, mostrando a relação entre o leucossoma e o paleossoma (mesossoma?).



Figura 10: Dobras migmatíticas com porções mais finas dos veios tendendo a ser concordantes com a foliação.



Figura 11: Porfiroblastos de granada com movimento destrá.

5.2.2. PETROGRAFIA

Em lâmina delgada, o paleossoma apresenta textura inequigranular, com granulação fina a média na matriz e foliação marcada por agregados de biotita que são defletidos por porfiroblastos de granada que chegam a 1 cm de tamanho. A mineralogia é composta por biotita, plagioclásio, granada, quartzo, zircão, sillimanita, clorita, mica branca e opacos.

A biotita ocorre em agregados que marcam a foliação principal, ou como inclusões em plagioclásios. O tamanho dos cristais varia de 0,1 a 2,4 mm, e têm cor e pleocroísmo oscilando entre castanho claro a marrom avermelhado. Nos cristais da matriz, foram observadas inclusões de zircão e alterações para clorita (Figura 12).

O plagioclásio ocorre como cristais anédricos, de tamanho entre 0,5 e 2 mm, cuja composição é de oligoclásio ($An_{28} - An_{30}$). Aparecem isolados na matriz, ou nos bolsões de fusão parcial associados ao quartzo. Foram observadas alterações para mica branca.

O quartzo é anédrico, varia entre 0,4 e 3 mm, e ocorre de três formas; na matriz da rocha, em bolsões de fusão parcial associados ao plagioclásio, ou como inclusões em granadas. Os cristais da matriz possuem extinção reta comum, e são pouco fraturados, porém com preenchimentos de mica branca e óxidos de ferro. Inclusões de zircão são comuns.

A granada é subédrica a anédrica, possui cor rosa clara e ocorre como porfiroblastos que variam de 0,4 a 1 cm. Os cristais são fraturados e há preenchimento por óxidos de ferro (Figura 13). São comuns alterações para biotita nas bordas.

A sillimanita foi observada com duas formas; a primeira em cristais euédricos, submilimétricos de hábito granular com clivagem unidirecional (Figura 14), e a segunda na variedade fibrolita (Figura 15), observada também nos estudos macroscópicos. O zircão aparece como cristais subédricos a euédricos, ligeiramente arredondados, também de tamanho inferior a 0,1 mm. Ocorre como inclusões nos cristais de biotita e quartzo.

O leucossoma apresenta cristais subédricos a euédricos, de granulação média de a grossa. A mineralogia é composta por plagioclásio, granada, microclina, biotita, quartzo e sillimanita. O plagioclásio é anédrico, varia entre 0,4 e 0,6 mm e é composto por oligoclásio ($An_{27} - An_{30}$). O quartzo é anédrico, incolor, varia de 0,3 e 0,5 mm, e ocorre na matriz. A granada é euédrica, de cor rosa e possui alterações para clorita. A sillimanita ocorre em cristais anédricos, submilimétricos e preenche fraturas ou espaços ocupados anteriormente por porfiroblastos na matriz da rocha. A microclina é anédrica e pouco frequente. A biotita é subédrica, varia entre 0,2 e 0,6 mm, e ocorrem de três formas; como paletas isoladas na matriz da rocha, como inclusões nos cristais de granada e quartzo, ou como mineral de substituição dos cristais de granada mais antigos.

A associação mineralógica observada no paleossoma (granada + plagioclásio + sillimanita) indica que o metamorfismo é de fácies granulito. (Yardley, 1994).

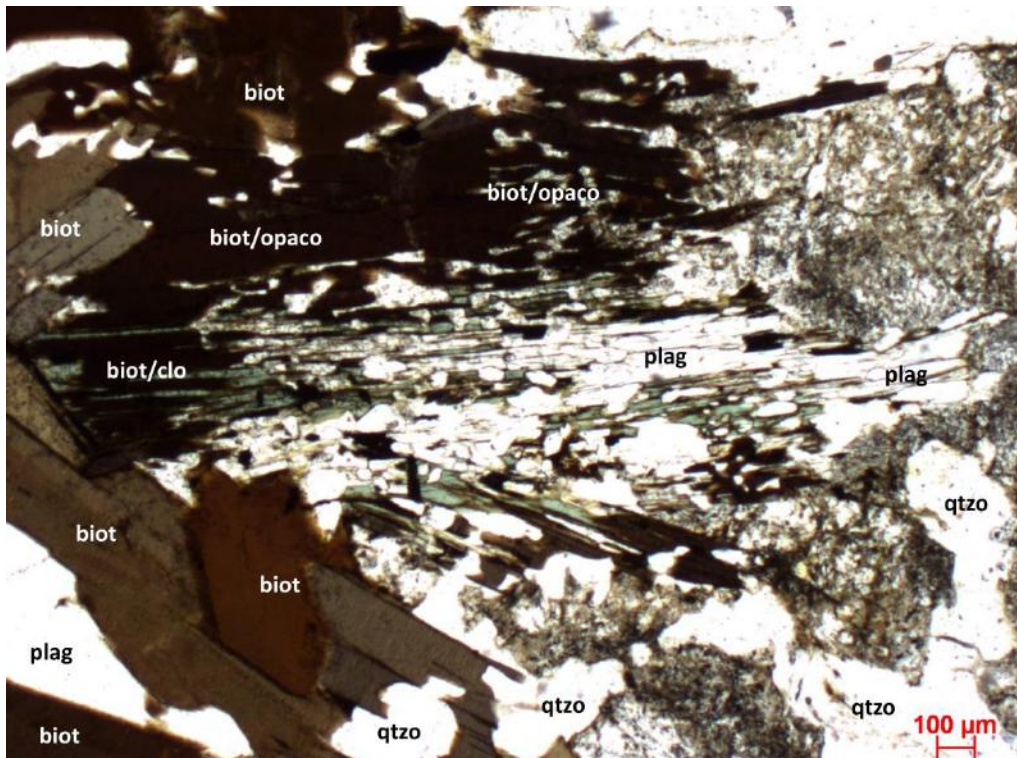


Figura 12: Paletas de biotita, com alteração para clorita e minerais opacos (N//, objetiva de 2,5X).

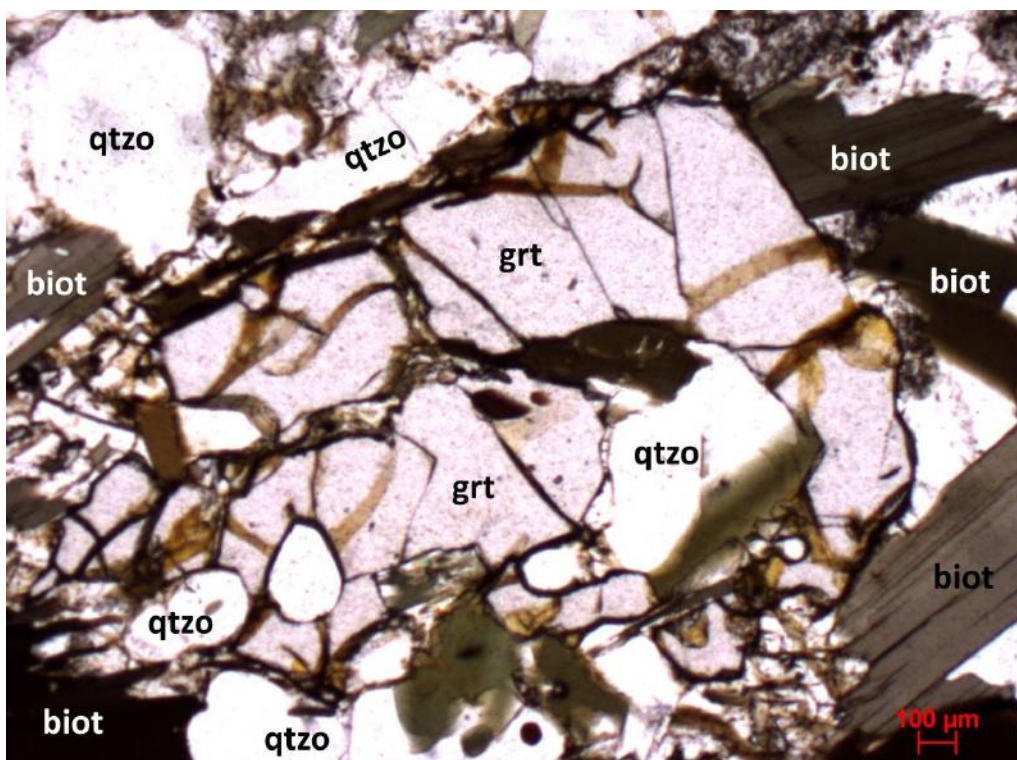


Figura 13: Porfiroblasto de granada com inclusões de quartzo e fraturas preenchidas por óxidos de ferro (N//, objetiva de 2,5X).

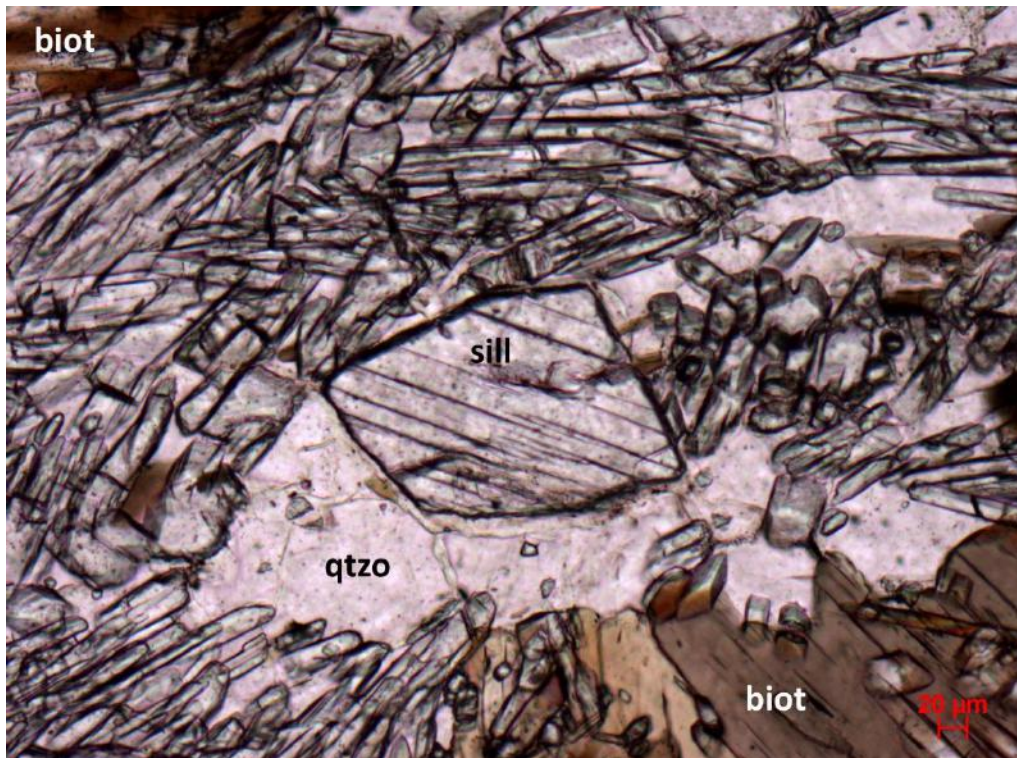


Figura 14: Seção basal de sillimanita. (N//, objetiva de 10X).



Figura 15: Feixes de fibrolita. (NX, objetiva de 2,5X).

5.3. UNIDADE ANGELIM

5.3.1. ASPECTOS DE CAMPO

Esta unidade é encontrada em cotas topograficamente mais altas, formando morros arredondados, ou como blocos angulosos na base desses morros formando depósitos de tálus (Figura 16). O solo derivado dessa rocha é de cor amarela.

A unidade é representada por um ortognaisse leucocrático, com granulação variando entre 2 e 6 mm e foliação marcada por megacristais de feldspato alaranjados medindo entre 2,5 e 5 cm, orientados conforme o maior eixo (Figura 17). A mineralogia é composta por biotita, feldspato, quartzo e granada. Também foram observados enclaves microgranulares, compostos por biotita, feldspato e granada (Figura 18).

Todo este conjunto é cortado por injeções de pegmatitos tabulares (Figura 19) com no máximo 1m de espessura. Os pegmatitos têm granulação variando entre 2 e 6 cm, e são compostos por biotita, feldspato e quartzo (Figura 20).



Figura 16: Exposição do ortognaisse da Unidade Angelim em encosta com depósito de tálus na base.



Figura 17: Megacristais de feldspato do ortogneisse da Unidade Angelim.

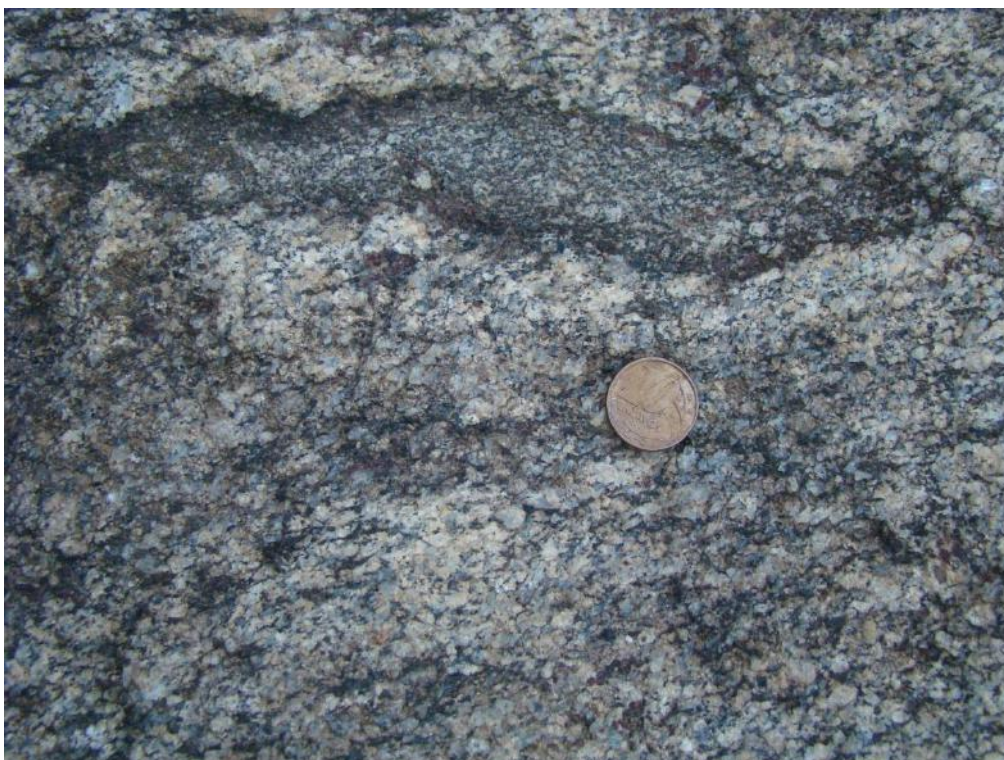


Figura 18: Enclave de rocha fina, composto por biotita, feldspato e granada.



Figura 19: Injeções de pegmatito cortando a foliação do ortogneisse de Unidade Angelim.



Figura 20: Detalhe de injeção pegmatítica com variação na granulação.

5.3.2. PETROGRAFIA

Em lâmina delgada, esta unidade apresenta textura inequigranular, granulação fina a média, e foliação marcada por agregados de biotita. A mineralogia é composta por microclina, biotita, quartzo, plagioclásio, titanita, allanita, zircão, opacos e rutilo. A composição modal desta rocha encontra-se na Tabela 1.

A microclina ocorre em cristais anédricos, com granulação variando de 0,25 a 2,4 mm, e aparecem associados aos cristais de quartzo. Possuem texturas de intercrescimento como mimerquitas (Figura 21) e são alterados para mica branca. Há interstícios preenchidos por quartzo.

A biotita compreende cristais subédricos a euédricos, varia entre 0,3 a 2 mm, cor e pleocroísmo oscilando entre castanho amarelado a marrom. São comuns as alterações para clorita e opacos (Figura 22 e 23), além de inclusões de zircão. O quartzo é anédrico, varia de 0,1 a 2 mm, com cristais pouco fraturados e extinção levemente ondulante. As fraturas são preenchidas por mica branca, e também possui inclusões de zircão, biotita e, eventualmente, apatita.

O plagioclásio é anédrico a subédrico, com granulação variando entre 0,8 e 1,7 mm, e apresenta geminação polissintética. A composição varia de oligoclásio a andesina ($An_{35} - An_{40}$), e ocorrem inclusões de biotita. São pouco fraturados e possuem alterações para mica branca. A allanita é subédrica a euédrica, com granulação variando entre 0,8 e 2,7 mm; possui hábito prismático, cor amarela nas bordas e núcleo esverdeado ou castanho (Figura 24). Foram observadas alterações para minerais opacos. O zircão é euédrico, submilimétrico, com cristais ligeiramente arredondados de hábito granular. Ocorrem tanto na matriz da rocha, como em inclusões nas biotitas.

A titanita ocorre como cristais subédricos a euédricos, de tamanho 0,1 mm, de cor rosada e hábito granular; frequentemente alteram-se para rutilo. O rutilo é euédrico, submilimétrico, de hábito granular quadrático e cor vermelha; ocorre também associado às biotitas.

Durante os estudos petrográficos, foi observada uma variação composicional dentro da unidade estudada, na lâmina CLR-76. A mineralogia observada é composta por hornblenda, plagioclásio, granada, biotita, titanita, zircão, clorita, rutilo e opacos.

A hornblenda é subédrica, varia entre 0,8 a 2,1 mm, e possui cor e pleocroísmo oscilando entre amarelo claro a verde escuro (Figura 25), e apresenta geminação simples. Ocorrem em aglomerados concordantes com a foliação principal, associadas às biotitas. O plagioclásio é anédrico, varia entre 0,15 e 0,9 mm, e preenchem espaços entre os aglomerados de hornblendas, bordejando porfiroblastos de granada (Figura 26). A composição varia entre albita e oligoclásio ($An_{10} - An_{25}$).

A biotita ocorre em cristais subédricos, varia entre 0,7 e 1 mm, de cor e pleocroísmo oscilando entre castanho claro e marrom escuro; associam-se às hornblendas. Foram observadas alterações para minerais opacos e clorita.

A granada é subédrica, de cor rosa, varia entre 0,3 e 1,4 mm, com cristais fraturados, alongados em seu maior eixo. São bordejados por plagioclásios. O quartzo é anédrico, varia entre 0,2 e 1 mm, e ocorre associado aos cristais de plagioclásio. O zircão é euédrico, submilimétrico, e ocorrem principalmente associados aos cristais de hornblendas.

A titanita é anédrica, submilimétrica, com cores de interferência altas. Ocorrem associadas às hornblendas e sobrecrecidas em paletas de biotita (Figura 27). O rutilo é euédrico, submilimétrico, de hábito quadrático e cor vermelha.

A composição do protólito desta unidade varia de tonalito a monzogranito, segundo o diagrama QAP (Figura 28). As paragêneses mineralógicas observadas, em especial a do ponto CLR-76 (hornblenda + biotita + plagioclásio) indicam que o metamorfismo é de fácies anfibolito (Yardley, 1994).

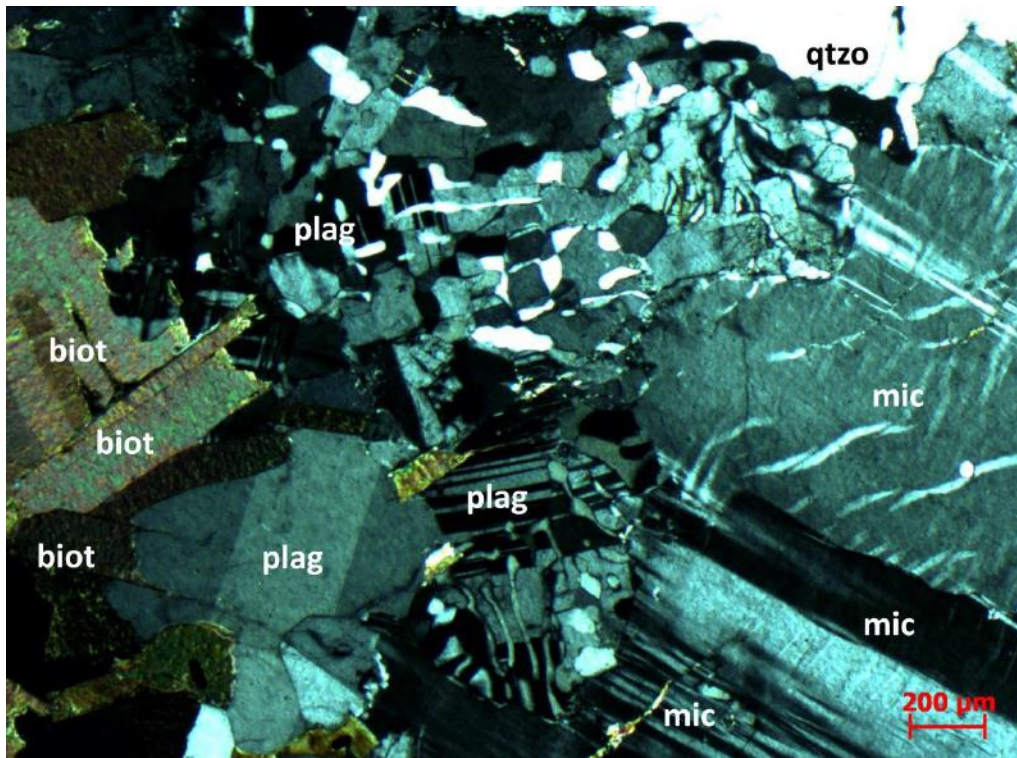


Figura 21: Textura mimerquítica em microclina no contato com os plagioclásios (NX, objetiva de 2,5X).

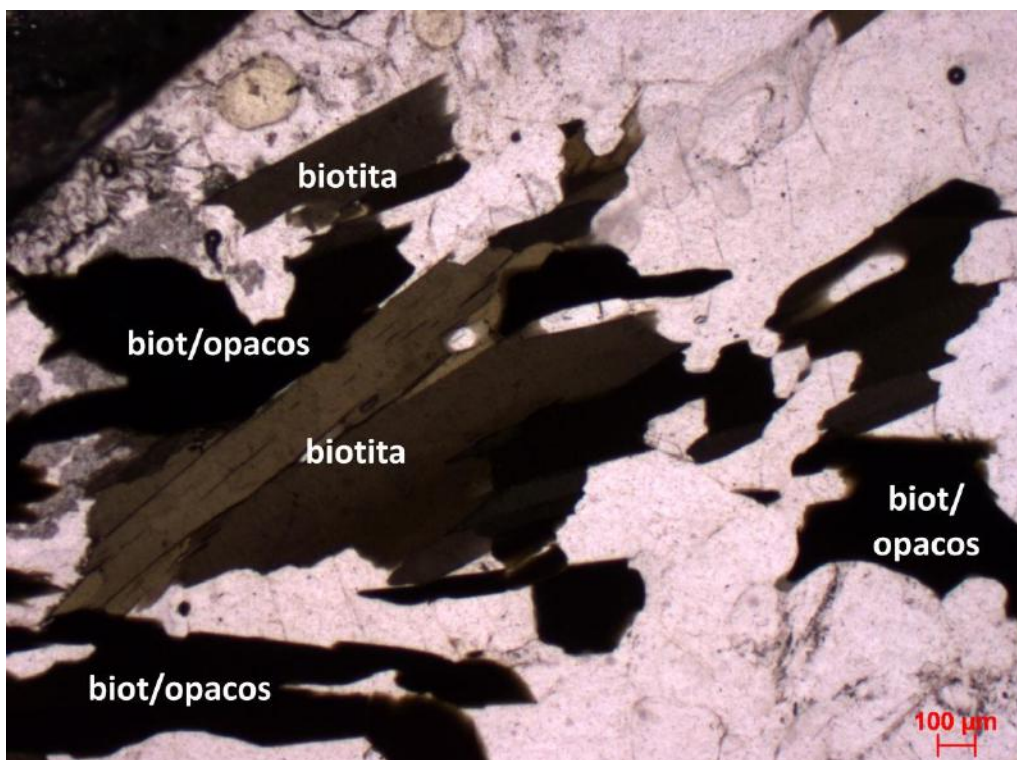


Figura 22: Paletas de biotitas com pleocroísmo oscilando de castanho amarelado a marrom (N//, objetiva de 2,5X).

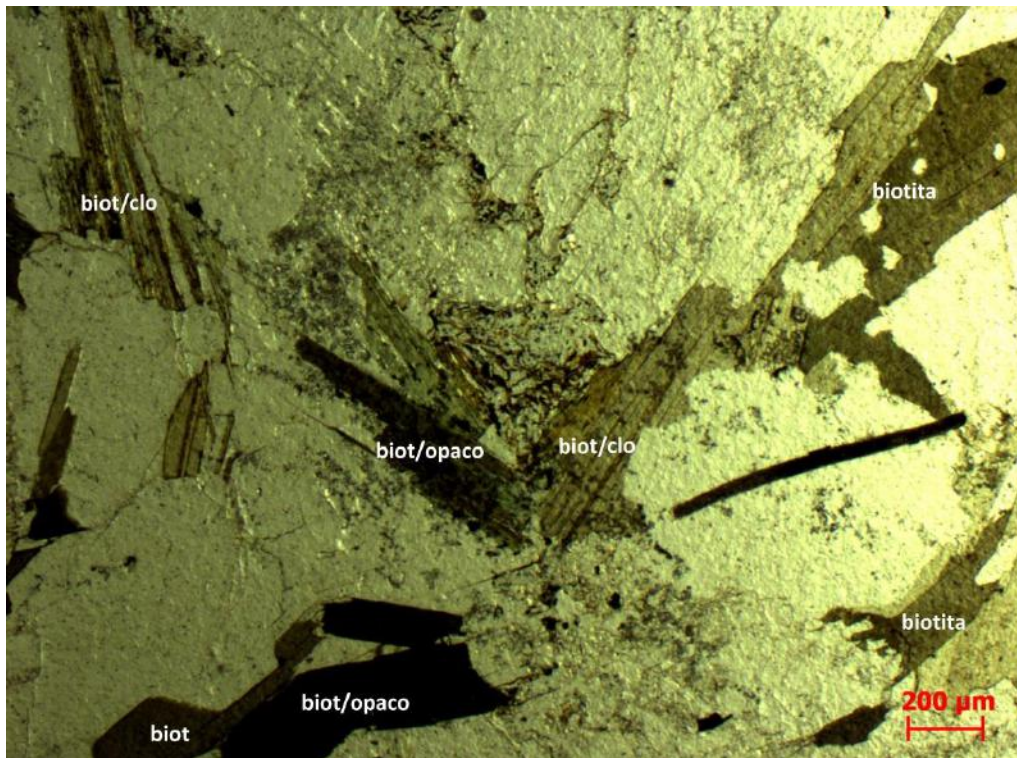


Figura 23: Paleta de biotita com alterações para clorita e opacos (N//, objetiva de 2,5X).



Figura 24: Cristal de allanita com hábito prismático (N//, objetiva de 2,5X).

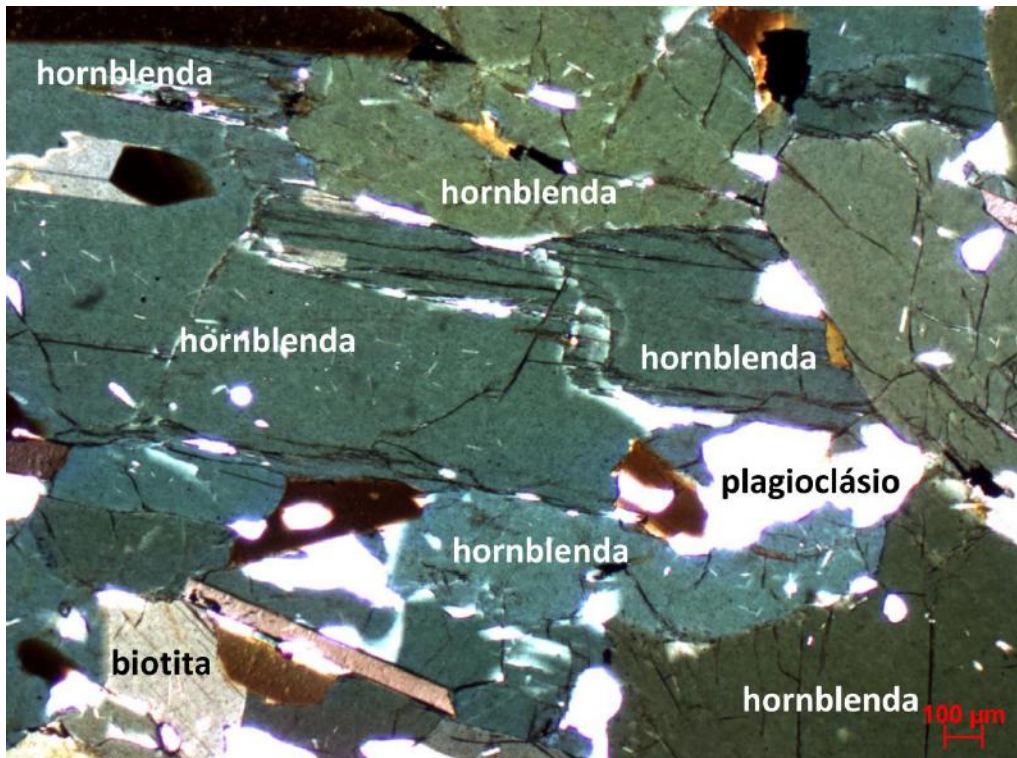


Figura 25: Cristais de hornblenda com pleocroísmo verde (N//, objetiva de 2,5X).

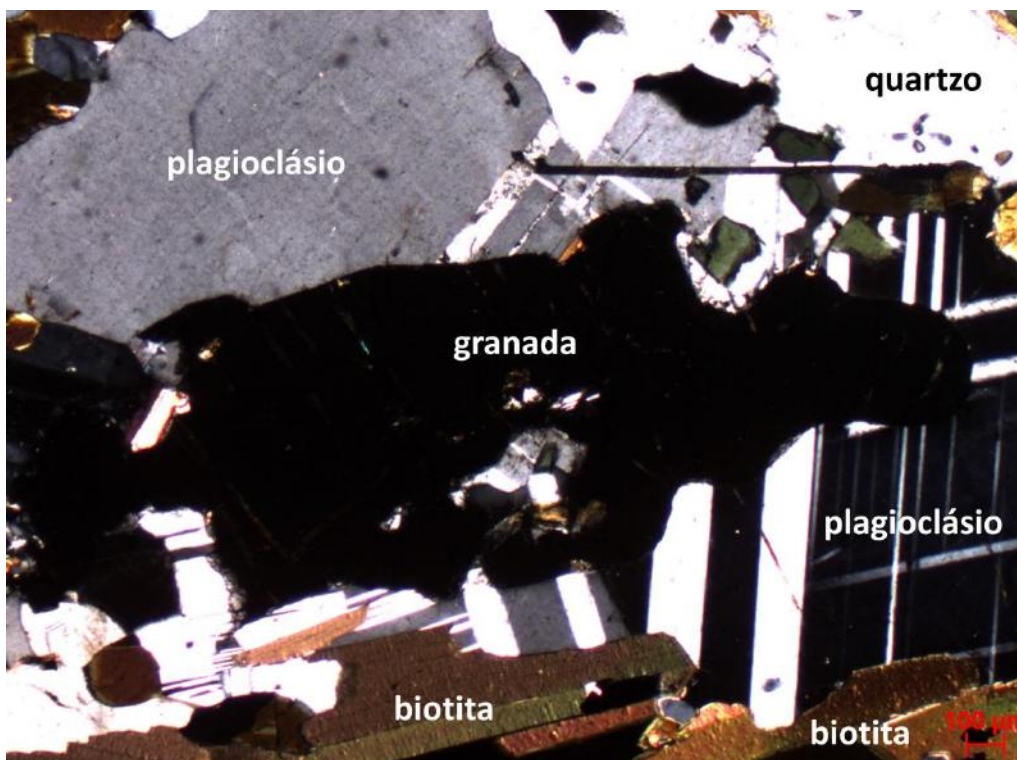


Figura 26: Cristal de granada bordejado por plagioclásio (N//, objetiva de 2,5X).



Figura 27: Sobrecrecimentos de titanita em biotita e plagioclásio (N//, objetiva de 2,5X).

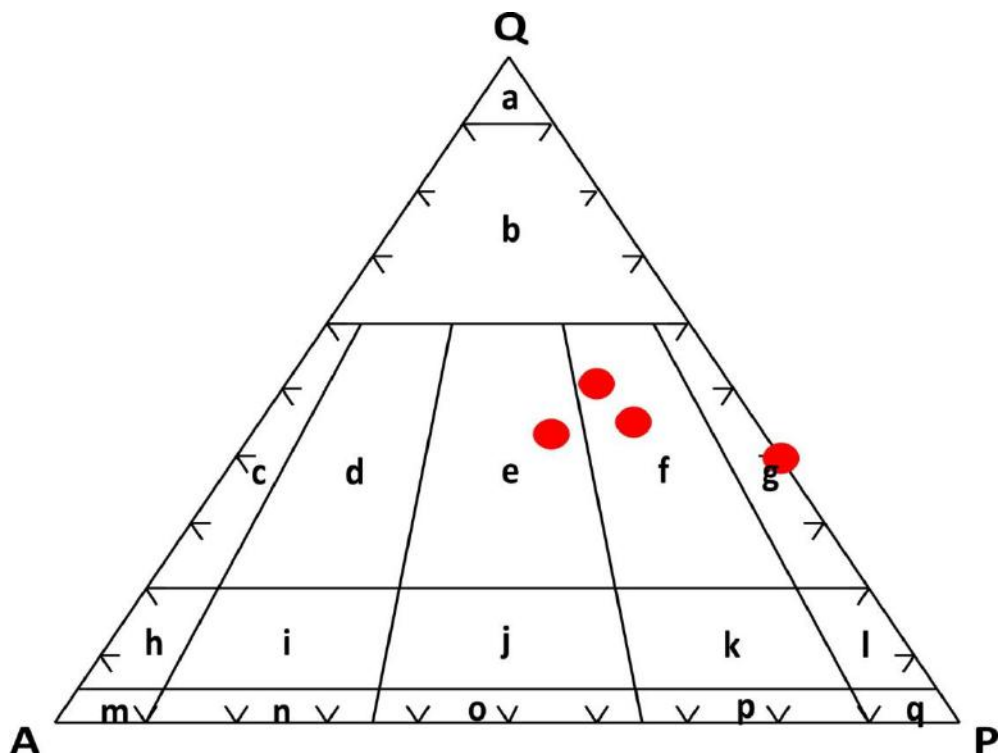


Figura 28: Diagrama QAP para amostras do Ortognaisse Angelim. LEGENDA: **a.** Quartzolito (silexito), **b.** granitóides ricos em quartzo, **c.** álcalfeldspato granito, **d.** sienogranito, **e.** monzogranito, **f.** granodiorito, **g.** tonalito, **h.** quartzo álcali-feldspato granito, **i.** quartzo-sienito, **j.** quartzo-monzonito, **k.** quartzo-monzodiorito/quartzo-monzogabro, **l.** quartzodiorito/ quartzo-gabro/quartzo-anortosito, **m.** álcalfeldspato sienito, **n.** sienito, **o.** monzonito, **p.** monzodiorito/monzogabro, **q.** diorito/gabro/anortosito.

Tabela 1: Composição modal para quatro amostras do Ortognaisse Angelim.

Mineralogia	CLR-01	CLR-42	CLR-76	CLR-84
Biotita	49,7%	49,5%	17,1%	42,8%
Microclina	8,1%	4,7%	-	6,7%
Plagioclásio	11,5%	14,4%	13,2%	15,7%
Quartzo	15,0%	15,7%	8,5%	23,2%
Anfibólio	-	-	40,1%	-
Granada	-	-	4,5%	-
Zircão	2,5%	5,1%	1,8%	4,1%
Titanita	4,5%		5,2%	2,7%
Allanita	0,7%	0,4%		0,4%
Clorita	1,9%	2,0%	2,2%	1,8%
Sericita	2,1%	2,7%		1,2%
Rutilo	-	-	0,1%	-
Opacos	2,8%	-		2,7%

5.4. GRANITO MORRO DO COCO

5.4.1. ASPECTOS DE CAMPO

O Granito Morro do Coco (GMC) tem poucos afloramentos, ocorrendo, então, em blocos e matacões *in situ* na base de encostas baixas, associados aos blocos do Ortognaisse Angelim (Figuras 29 e 30). Trata-se de uma rocha isotrópica, hololeucocrática, equigranular média; a granulação tem em média 3 mm. A mineralogia é composta por feldspato potássico, plagioclásio, quartzo, biotita; eventualmente ocorrem titanita e pirita.

O álcali-feldspato é cinza, subédrico, tem brilho nacarado e seu eixo maior mede 4 mm. O plagioclásio é anédrico, branco, com geminação polissintética e mede 2 mm; ocorrem alterações para epidoto. O quartzo é anédrico, transparente e mede em torno de 1 mm. A biotita é subédrica, mede entre 1 e 3 mm, e ocorre em paletas isoladas, que podem ou não conter agregados de pirita. A rocha possui veios tabulares de 1 cm de espessura, ocorrendo preferencialmente em fraturas. São preenchidos por pegmatitos cuja granulação varia em torno de 7 a 9 mm, e mineralogia composta por feldspato branco, quartzo, biotita e muscovita. Além da ocorrência em blocos

supracitada, o GMC aparece também em diques que chegam a 70 cm de espessura, cortando principalmente o Ortognaisse Angelim.



Figura 29: Blocos do Granito Morro do Coco.



Figura 30: Corte de bloco do Granito Morro do Coco em base de encosta.

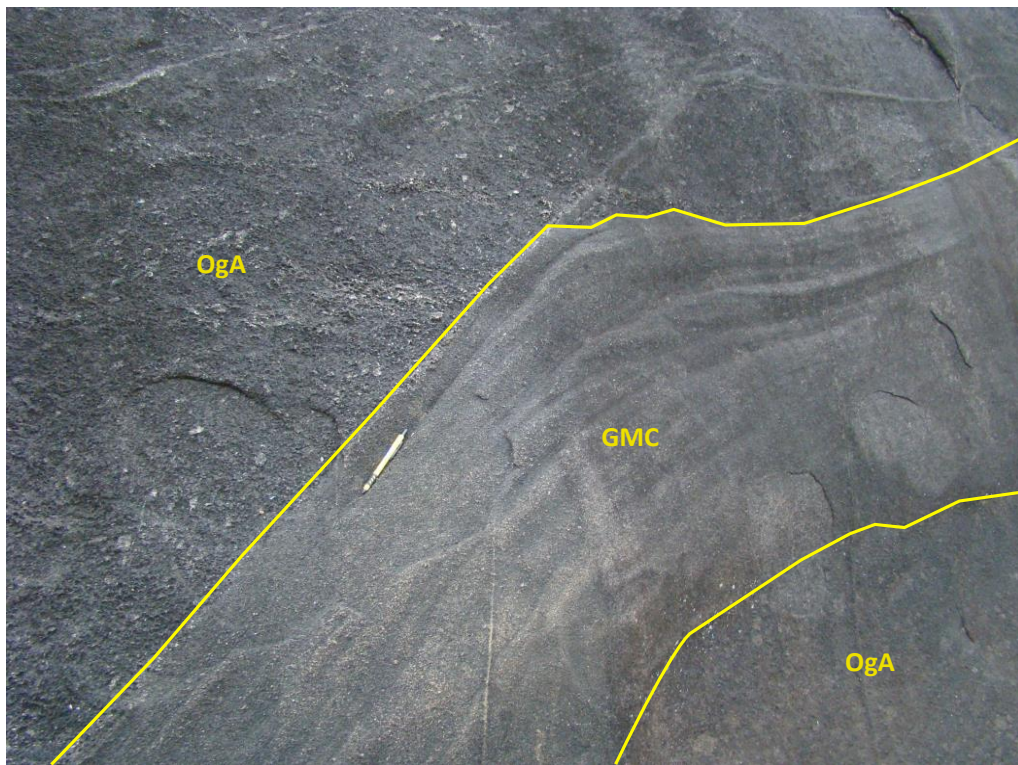


Figura 31: Dique do Granito Morro do Coco (GMC) cortando o ortogneisse Angelim (OgA).

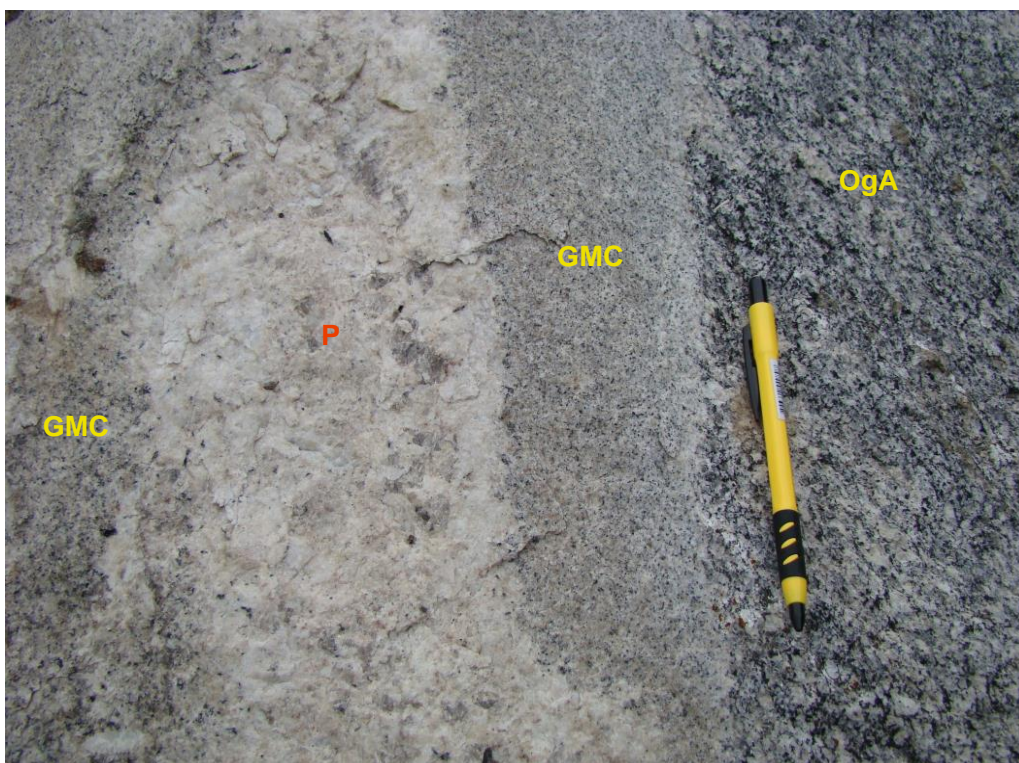


Figura 32: Injeções do Granito Morro do Coco (GMC) e de pegmatito (P) no ortogneisse Angelim (OgA) dentro do mesmo conduto.

5.4.2. PETROGRAFIA

Em lâmina, o GMC é uma rocha holocristalina, hololeucocrática, com índice de cor de 11%, e textura equigranular média (Figura 33). A mineralogia é composta por microclina, plagioclásio, biotita, quartzo, allanita, titanita, apatita, clorita, opacos, mica branca, e pontualmente, rutilo.

A microclina é subédrica a euédrica, com tamanho variando entre 0,5 a 6 mm. Ocorre em cristais pouco fraturados com exsudações de sílica, formando textura mimerquítica (Figura 34). Há alterações para mica branca, mas são pouco frequentes.

O plagioclásio é anédrico a subédrico, variando entre 0,15 e 2,5 mm. Ocorre como cristais fraturados alterando para mica branca, que são mais intensas neste mineral, possuindo também inclusões de zircão e biotita. A composição varia de oligoclásio a andesina ($An_{26} - An_{30}$).

A biotita é subédrica a euédrica, varia entre 0,1 e 0,3 mm, com cor e pleocroísmo oscilando entre castanho claro e marrom. Há duas formas de ocorrência; a primeira, como paletas isoladas na rocha com alterações para opacos e clorita (Figura 35); a segunda, como inclusões nos cristais de quartzo. Há também inclusões de zircão (Figura 36). O quartzo é subédrico a anédrico, varia de 0,5 a 3,5 mm, e possui hábito granular levemente arredondado com contatos tendendo a ser irregulares. Foram observadas inclusões de biotita e zircão, e pontualmente há extinção ondulante.

A titanita é anédrica a subédrica, tem cor rosada, hábito granular, e tamanho em torno de 0,5 mm. Nas bordas e nas fraturas, há alteração parcial para minerais opacos (Figura 37), e, eventualmente, rutilo. A allanita é euédrica de tamanho 0,5 mm, hábito prismático e cor amarela. Ocorre em cristais arredondados ou alongados com fraturas radiais associadas isolados na rocha, e com alterações parciais para minerais opacos (Figura 38). Dependendo do estágio de alteração, podem ser observados apenas os espaços ocupados previamente por esse mineral.

Os cristais de zircão e apatita são euédricos, submilimétricos, e ocorrem de forma distinta. A apatita ocorre na matriz da rocha, em cristais arredondados isolados, enquanto que o zircão ocorre como inclusões nos cristais de quartzo, ou nas paletas de biotita.

A composição modal observada para as amostras do GMC (Tabela 2) classifica-as como sienogranitos, de acordo com o diagrama QAP (Figura 39).

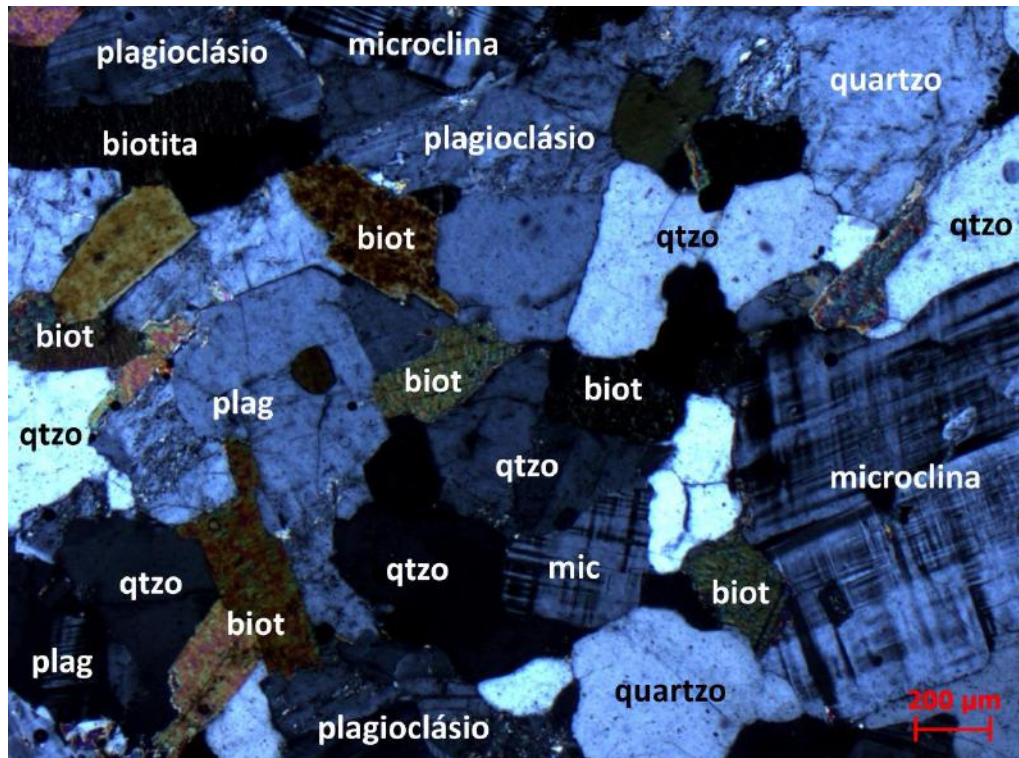


Figura 33: Granito Morro do Coco com textura equigranular (NX, objetiva de 2,5X).

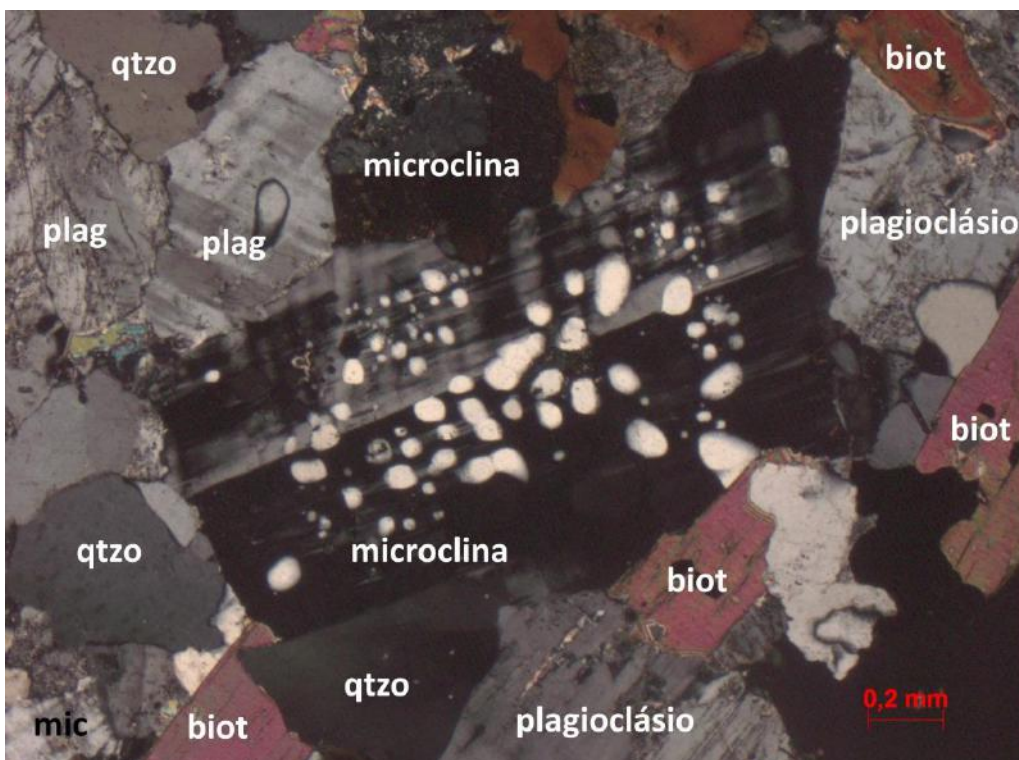


Figura 34: Exsudações de sílica alojadas em cristal de microclina (NX, objetiva de 2,5X).

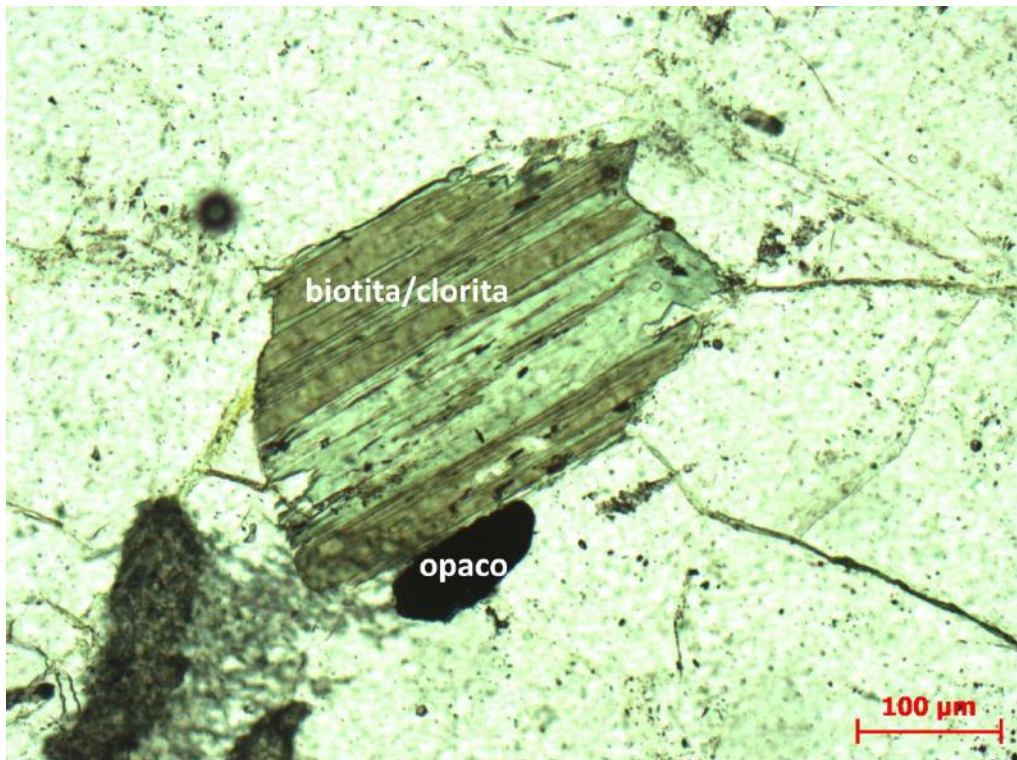


Figura 35: Paleta de biotita com alteração para clorita nos planos de clivagens (N//, objetiva de 10X).



Figura 36: Paleta de biotita com inclusões de zircão e alteração para mineral opaco (N//, objetiva de 10X).

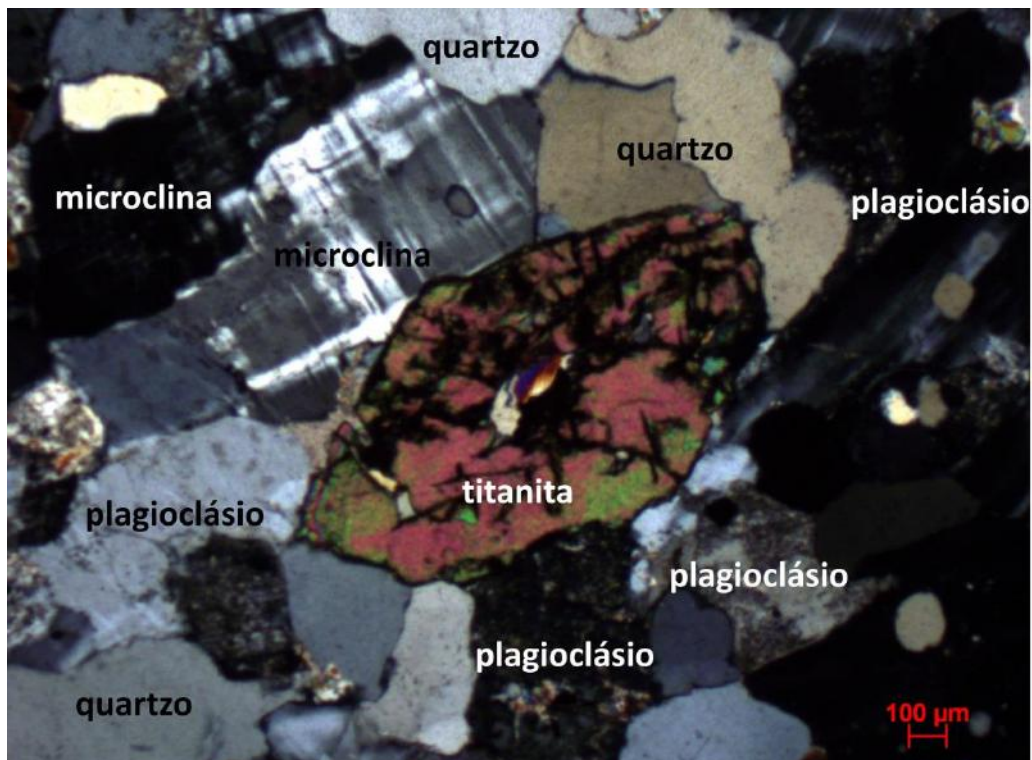


Figura 37: Cristal de titanita com alterações para minerais opacos nas fraturas (NX, objetiva de 10X).

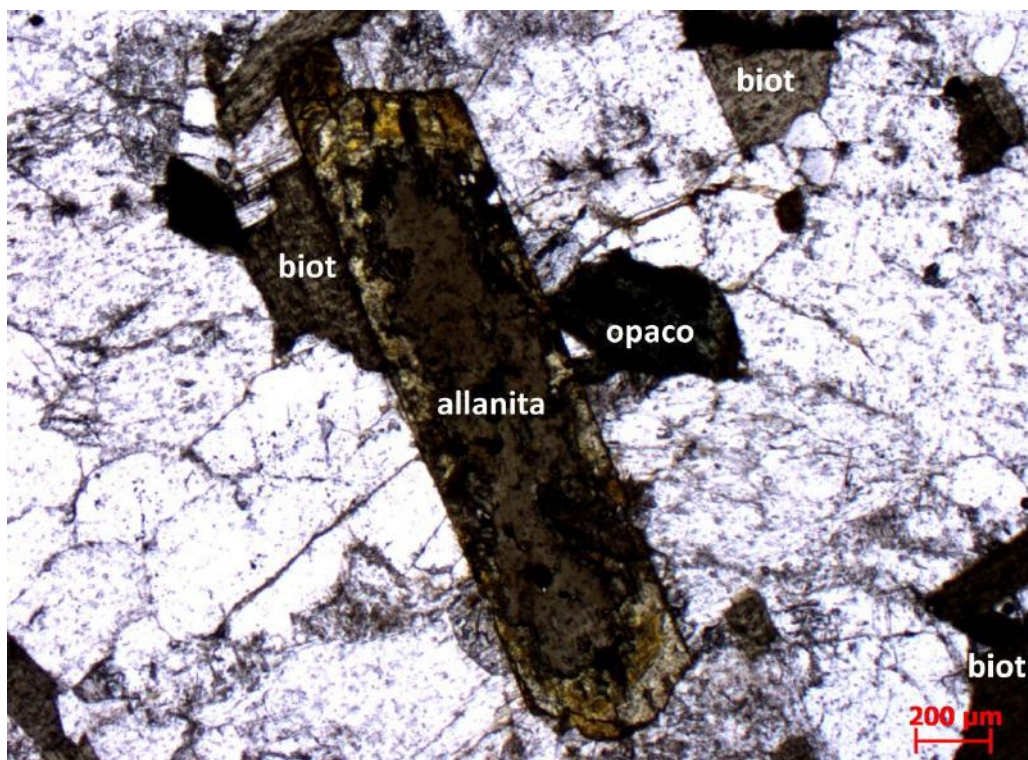


Figura 38: Cristal alongado de allanita com alterações parciais para minerais opacos (N//, objetiva de 10X).

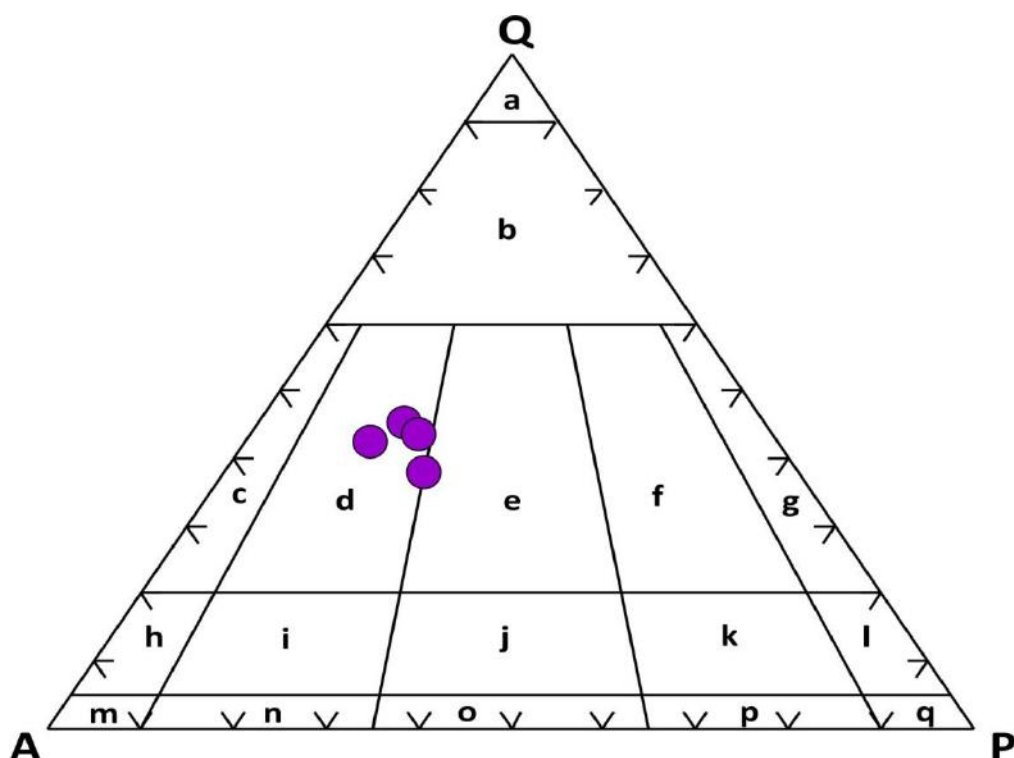


Figura 39: Diagrama QAP para quatro amostras do GMC. LEGENDA: **a.** Quartzolito (silexito), **b.** granitóides ricos em quartzo, **c.** álcali-feldspato granito, **d.** monzogranito, **e.** granodiorito, **f.** tonalito, **g.** quartzo álcali-feldspato granito, **h.** quartzo-sienito, **i.** quartzo-monzonito, **j.** quartzo-monzodiorito/quartzo-monzogabro, **k.** quartzo-diorito/ quartzo-gabro/quartzo-anortosito, **l.** álcali-feldspato sienito, **m.** sienito, **n.** monzonito, **o.** monzodiorito/monzogabro, **p.** diorito/gabro/anortosito.

Tabela 2: Composição modal para quatro amostras do Granito Morro do Coco.

Mineralogia	CLR-02	CLR-03	CLR-07	CLR-89
Microclina	23,1%	23,8%	22,8%	27,8%
Quartzo	26,3%	24,0%	25,8%	25,0%
Plagioclásio	9,4%	7,0%	9,7%	15,2%
Biotita	17,0%	19,4%	15,7%	13,6%
Titanita	2,9%	4,0%	5,7%	0,1%
Allanita	1,3%	-	1,1%	1,3%
Apatita	3,0%	-	0,8%	0,0%
Clorita	3,1%	3,3%	2,0%	2,0%
Sericita	6,2%	5,3%	7,5%	9,1%
Zircão	2,1%	4,4%	5,1%	2,5%
Opacos	7,7%	4,4%	5,1%	2,8%

6. GEOQUÍMICA

Neste tópico, são tratadas as características geoquímicas do GMC. Foram feitas análises de elementos maiores, menores e traços de amostras coletadas em cinco pontos onde esta rocha aflora (Tabela 3). Os valores totais variam entre 99,53% e 100,12%, enquanto o percentual de perda ao fogo é inferior a 0,91 %.

Todas as amostras possuem altos teores de SiO_2 , Al_2O_3 e K_2O , e baixos teores de FeO_t , CaO , MgO e Na_2O . Os valores observados para esses elementos explicam a ausência de piroxênios e anfibólios, e a pouca ocorrência de plagioclásio. Também se destacam os altos teores de Sr, Zr e Ba.

Tabela 3: Resultados das análises químicas para cinco amostras do GMC.

Amostra	CLR - 02	CLR - 03	CLR - 07	CLR - 80	CLR - 89
SiO_2	67,96	67,87	70,52	68,32	70,32
Al_2O_3	15,25	15,39	14,42	15,13	14,82
FeO_t	3,14	3,03	2,78	2,66	2,65
MnO	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
MgO	0,97	0,94	0,55	0,82	0,53
CaO	2,08	2,03	1,55	1,98	1,79
Na_2O	3,17	3,22	2,45	3,07	2,78
K_2O	5,72	5,81	6,2	5,94	5,99
TiO_2	0,8	0,75	0,44	0,71	0,44
P_2O_5	0,19	0,18	0,09	0,15	0,09
Total	100,01	100,03	99,94	99,53	100,12
L.O.I	0,71	0,79	0,91	0,74	0,67
V	69	69	51	68	51
Cr	12	38	3	35	23
Co	9	10	11	11	11
Ni	35	33	34	35	33
Zn	28	24	28	31	24
Ga	5	7	5	6	6
Rb	76	74	187	171	182
Sr	426	389	62	275	168
Y	14	14	16	14	15
Zr	407	382	275	340	286
Nb	17	17	13	16	14
Ba	1933	1873	1196	1518	1195

6.1. CLASSIFICAÇÃO LITOLÓGICA - DIAGRAMA TAS

Este diagrama foi desenvolvido por Cox *et. al* (1979) e adaptado às rochas plutônicas por Wilson (1989). É utilizado na classificação de rochas magmáticas como alcalinas ou subalcalinas, de acordo com o total de álcalis (TA; $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) *versus* os teores de sílica (S; SiO_2).

As amostras situam-se no campo das séries subalcalinas, de rochas ácidas com composição granítica. Três delas estão plotadas no limite entre as duas séries, ainda no campo subalcalino com tendências às composições ricas em álcalis. Os teores de álcalis variam entre 8% e 9%, enquanto que os de sílica variam entre 68% e 70% aproximadamente (Figura 40).

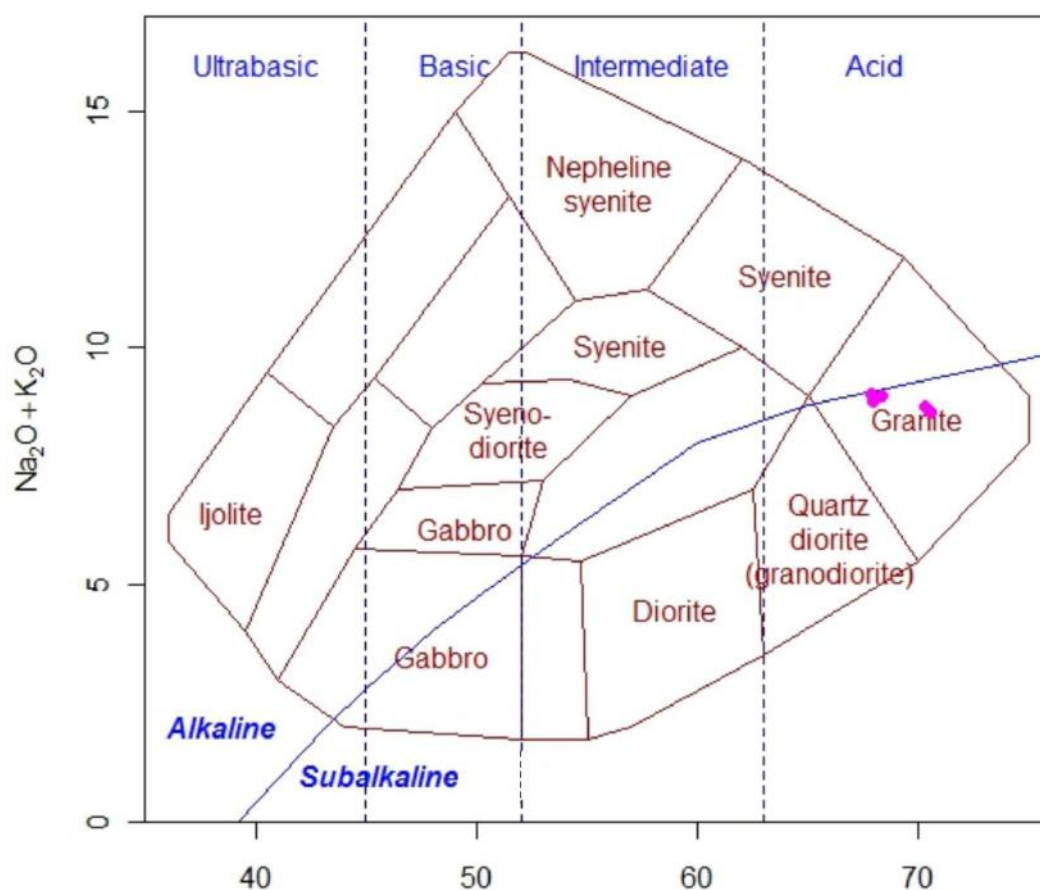


Figura 40: Diagrama TAS (Cox *et. al*, 1979).

6.2. DISTINÇÃO DE SÉRIES MAGMÁTICAS

6.2.1. DIAGRAMA AFM

O diagrama AFM (Irvine e Baragar, 1971) leva em consideração os teores de álcalis (A; $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$), ferro total (F; $\text{FeOt} = \text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$) e magnésio (M; MgO), e é usado para identificar séries magmáticas subalcalinas através de seus *trends* evolutivos característicos. Dessa forma, as séries são separadas em cálcio-alcálicas ou toleíticas.

As amostras concentram-se próximas ao vértice de álcalis, não definindo o *trend* característico da série cálcioalcalina, apesar de serem classificadas como pertencentes à mesma. Isto ocorre devido aos altos teores de K_2O e Al_2O_3 observados nas análises químicas (Figura 41).

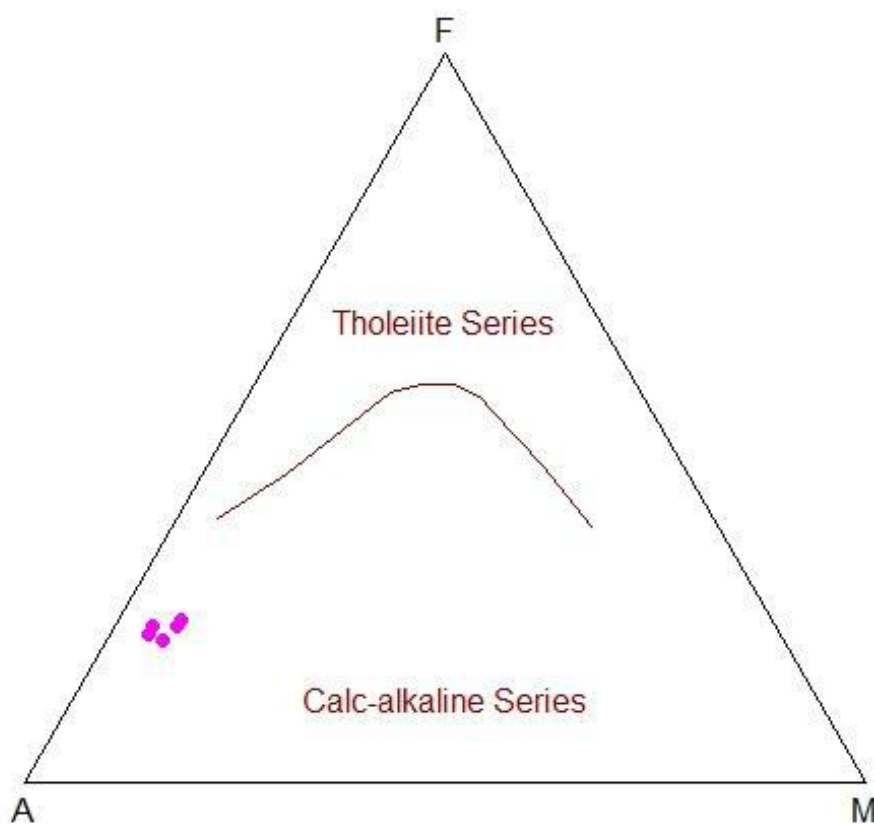


Figura 41: Diagrama AFM (Irvine & Baragar, 1979).

6.2.2. DIAGRAMA SiO_2 X K_2O

O diagrama de Peccerillo e Taylor (1976) classifica as séries magmáticas em toleíticas, cálcio-alcalinas, cálcio-alcalinas de alto-K e shoshoníticas, levando em consideração as porcentagens em peso de K_2O . Originalmente, esses campos foram designados pra rochas vulcânicas; portanto, sua aplicação às rochas plutônicas deve ser feita com cuidado.

Todas as amostras são plotadas no campo da série shoshonítica (Figura 42). Todavia, seu quimismo não é compatível com tal classificação, sendo, portanto, consideradas como cálcio-alcalinas de alto-K. Rochas shoshoníticas possuem características específicas e algumas delas são citadas por Knijnik *et. al* (2012), tais como: razão $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ próxima a 1 (Morrison, 1980), padrões de elementos traços com enriquecimento de LILE em relação aos HFSE, assinatura francamente peraluminosa, e teores de Sr acima de 400 ppm em média.

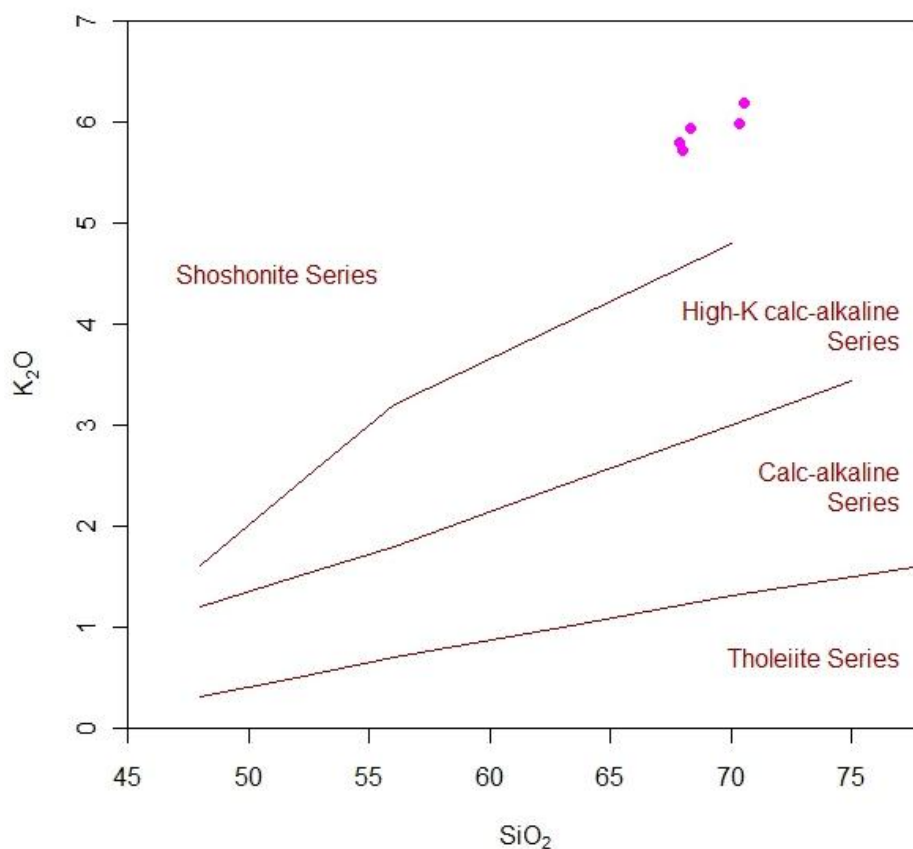


Figura 42: Diagrama SiO_2 X K_2O (Peccerillo & Taylor, 1976).

6.2.3. DIAGRAMAS DE FROST *et. al* (2001) E SHAND (1943)

Os diagramas desenvolvidos por Frost *et. al* (2001) (Figura 43) classificam quimicamente a composição das rochas-fonte do magma através dos teores de FeOt, MgO, Na₂O, K₂O e CaO tendo como índice de diferenciação os teores de sílica. A partir de sua leitura, observa-se que o GMC foi originado de um magma magnesiano (tendendo a ferroso) álcali-cálcico. Em geral, granitos gerados em ambientes mais oxidados tendem a composições magnesianas; e magmas álcali-cálcicos são de origem mantélica, relacionados a ambientes extensionais.

Já o diagrama de Shand (1943) (Figura 44) classifica as rochas em função dos seus teores de alumínio, e de acordo com ele, as amostras possuem assinaturas geoquímicas levemente peraluminosas, típicas de rochas cálcio-alcálicas (Frost *et. al*, 2001). Nos granitos com teores altos de alumínio, este elemento encontra-se alojado na estrutura cristalina de tectossilicatos, em que compartilham átomos de oxigênio com os tetraedros de sílica, ou coordenando folhas de hidroxilas em filossilicatos, ambos minerais presentes na composição desse litotipo. No GMC, esses minerais são microclina e biotita.

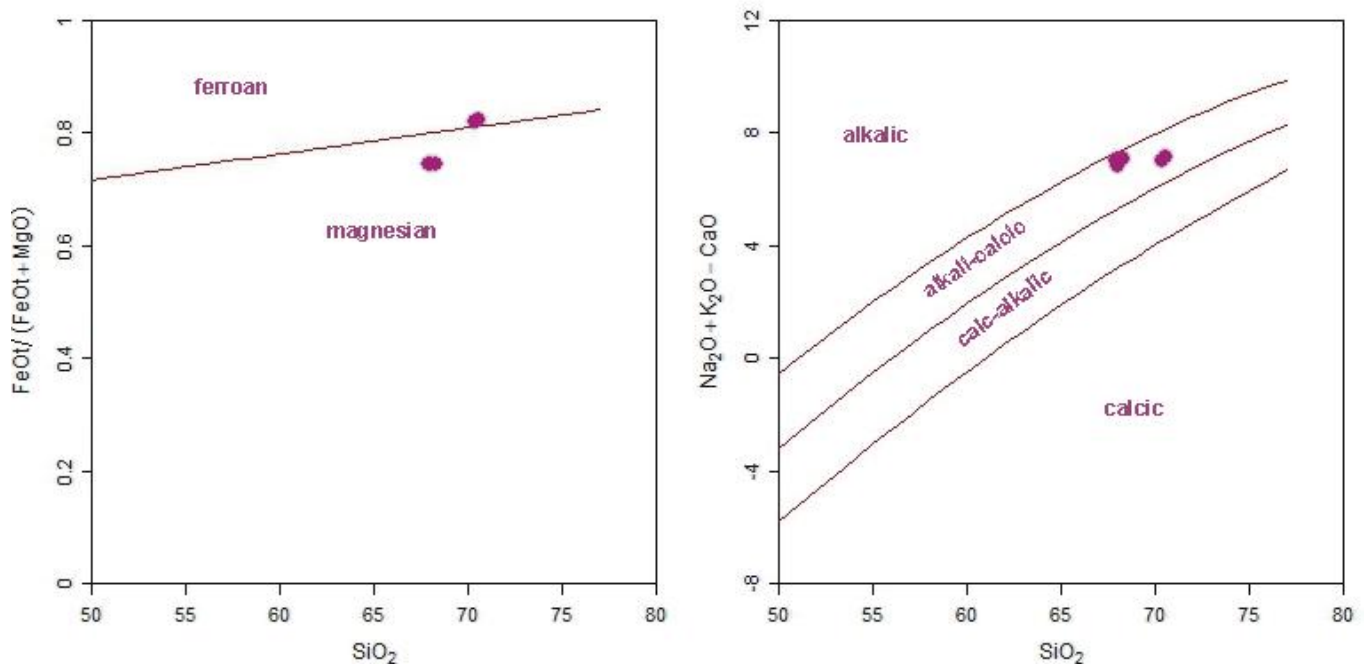


Figura 43: Diagramas de Frost *et. al* (2001) para diferenciação de séries magmáticas.

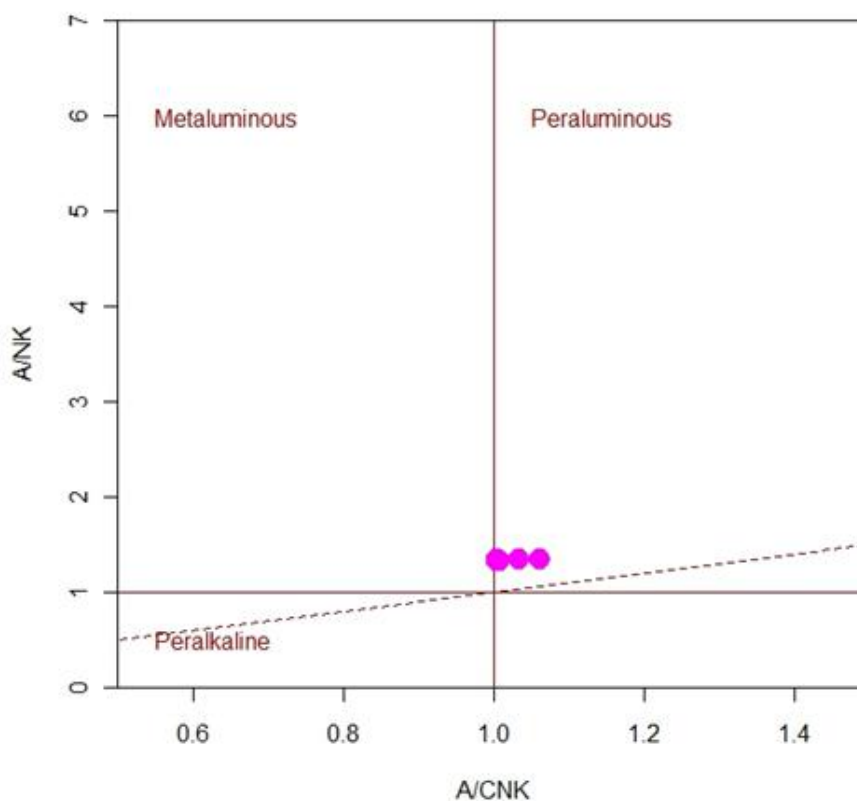


Figura 44: Diagrama de Shand (1943).

6.3. DIAGRAMAS DE VARIAÇÃO DE HARKER

Diagramas de variação de Harker são utilizados em estudos geoquímicos a fim de verificar os *trends* de evolução magmática, analisar os processos dominantes durante a cristalização, e confirmar a série magmática a qual as rochas estudadas pertencem. Para as amostras do GMC, os elementos maiores estudados foram Al_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , TiO_2 , FeO e P_2O_5 , e os elementos traços foram Ba, Rb, Zr, Sr, Nb, Y.

Nos diagramas dos elementos maiores (Figura 45) há correlações negativas para Al_2O_3 , CaO , Na_2O , TiO_2 e P_2O_5 , com pontos de inflexão em torno de 70,5% de SiO_2 , apontando a cristalização de plagioclásio, titanita e apatita. O diagrama de K_2O possui uma correlação positiva muito forte, sobretudo nas amostras com maiores tores de sílica.

Apesar de haver uma leve dispersão, o diagrama de FeOt também apresenta um comportamento levemente negativo. Os baixos teores desse elemento, assim como os de MgO, indicam que, durante a cristalização, a baixa disponibilidade desses elementos impediu a formação de piroxênios e anfibólios, favorecendo a formação de óxidos de ferro, magnésio e titânio. Os altos teores de alumínio e as correlações positivas de K₂O indicam que, durante a cristalização, houve um enriquecimento relativo de potássio no líquido residual, favorecendo a cristalização tardia de microclina e biotita.

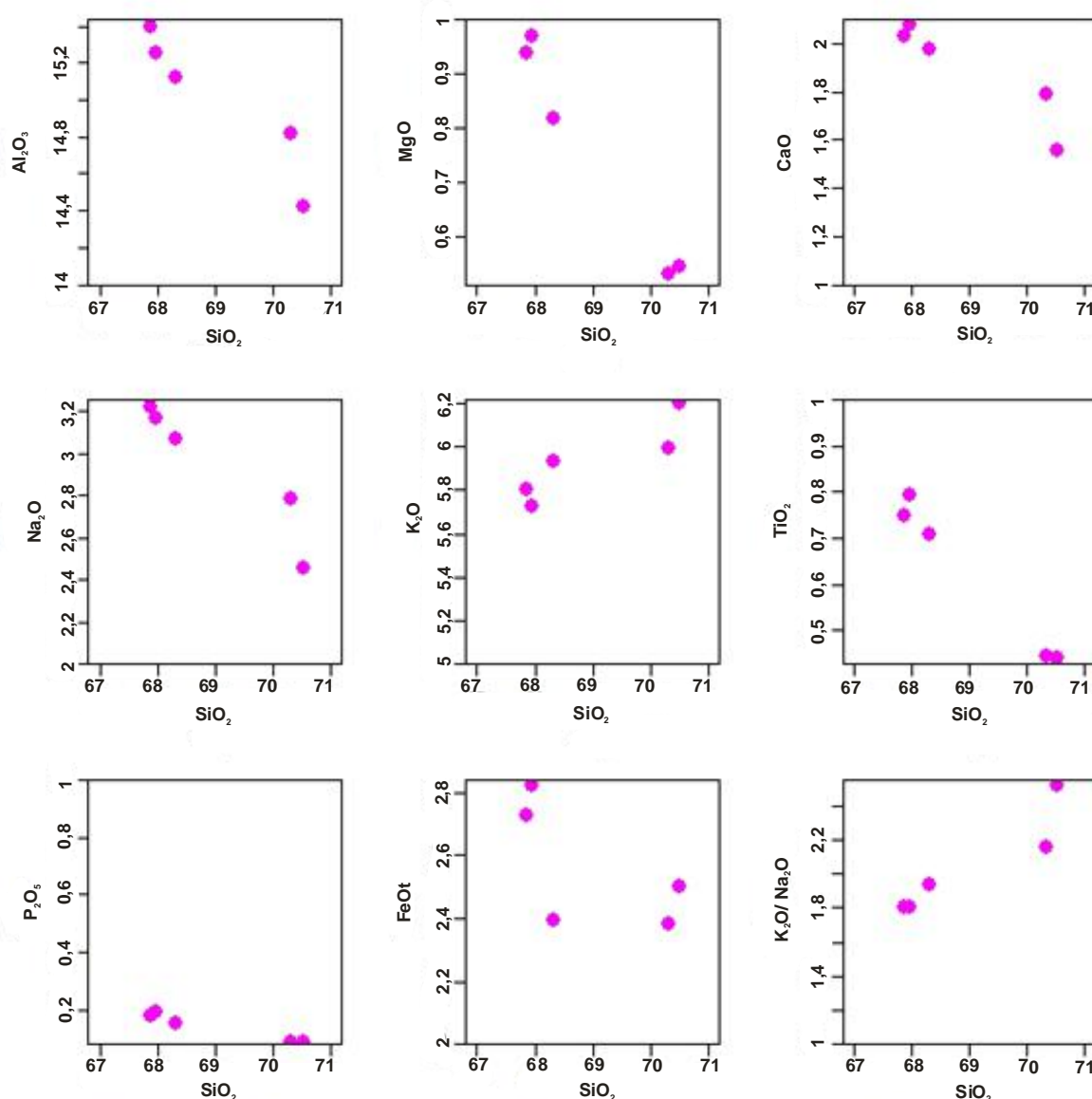


Figura 45: Diagramas de variação de Harker para elementos maiores.

Nos diagramas de elementos menores (Figura 46), observam-se correlações positivas de Rb e Y, e negativas de Sr, Nb, Zr e Ba. Os teores desses elementos são suficientes para a estabilização de fases acessórias ou para a substituição de elementos maiores nos minerais principais. A correlação negativa de Zr refere-se à cristalização de zircão, enquanto que a correlação positiva de Y refere-se à cristalização de allanita.

Os comportamentos negativos dos diagramas de Rb e Sr são controlados, respectivamente, por potássio e cálcio; o Rb substitui o potássio nas microclinas, enquanto que o Sr substitui o cálcio nos plagioclásios. O comportamento francamente negativo do Nb provavelmente relaciona-se ao fracionamento de titanita e apatita.

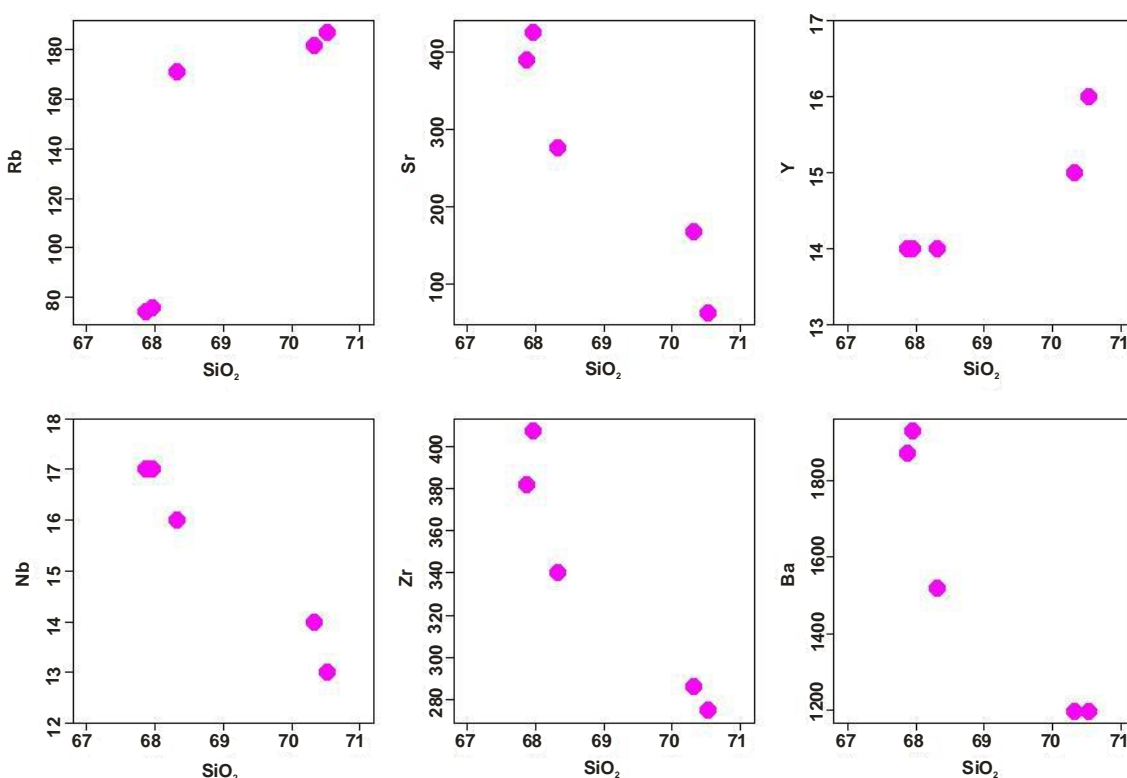


Figura 46: Diagramas de variação de Harker para elementos menores.

6.4. DIAGRAMAS MULTIELEMENTARES (*SPIDERDIAGRAMS*)

Diagramas multielementares ou *spiderdiagrams* quantificam os teores de elementos incompatíveis, menores ou traços em função de padrões previamente conhecidos. São aplicados em estudos geoquímicos para deduzir os ambientes tectônicos mais prováveis e avaliar as possíveis fontes geradoras das rochas analisadas. Neste trabalho, foram confeccionados dois diagramas; o primeiro normalizado para MORB (Pearce *et. al*, 1983), e o segundo normalizado para crosta continental média (Weaver & Turner, 1984).

No diagrama normalizado para MORB (Figura 47) observa-se um padrão fracionado, evidenciado pelos picos de LILE (K, Rb e Ba) em relação às depressões de HFSE (Nb, P e Ti), padrão observado para rochas das séries cálcio-alcálinas. Os picos dos LILE podem ser explicados por adição desses elementos através de fluidos de crosta oceânica subductada, enquanto que os HFSE são retidos em minerais refratários, que, no caso do GMC, são titanita e apatita.

O diagrama normalizado para crosta continental média (Figura 48) mostra que o enriquecimento foi de no máximo três vezes o da média da crosta continental, destacando-se os picos de Rb, Sr, K, e Nb. Dentre os HFSE, há enriquecimento em Zr e empobrecimento em Y, indicando a fracionamento de minerais acessórios (zircão e allanita), ou retenção desses elementos na fonte magmática, uma vez que se trata de uma rocha cálcio-alcálica. Granitos com enriquecimento de LILE em relação aos HFSE ou são associados a arcos magmáticos, ou indicam heranças de rochas geradas nesse ambiente. Concentrações expressivas de LILE em relação aos HFSE também apontam para processos de contaminação crustal.

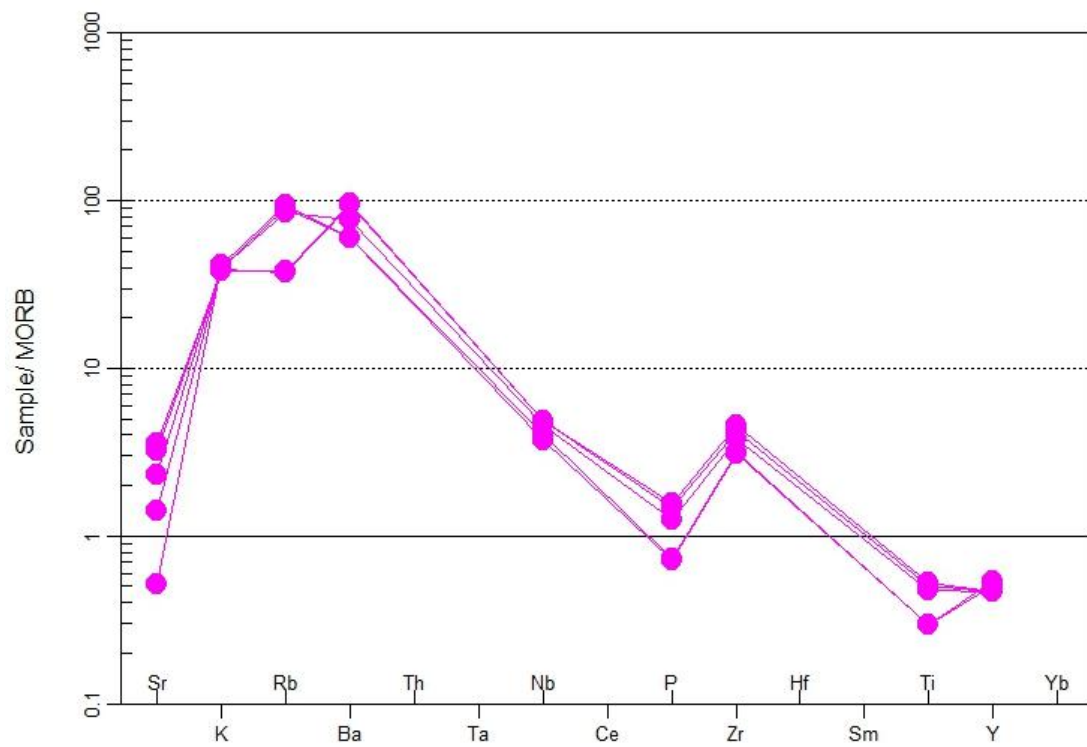


Figura 47: Spiderdiagram normalizado para MORB (Pearce *et. al*, 1983).

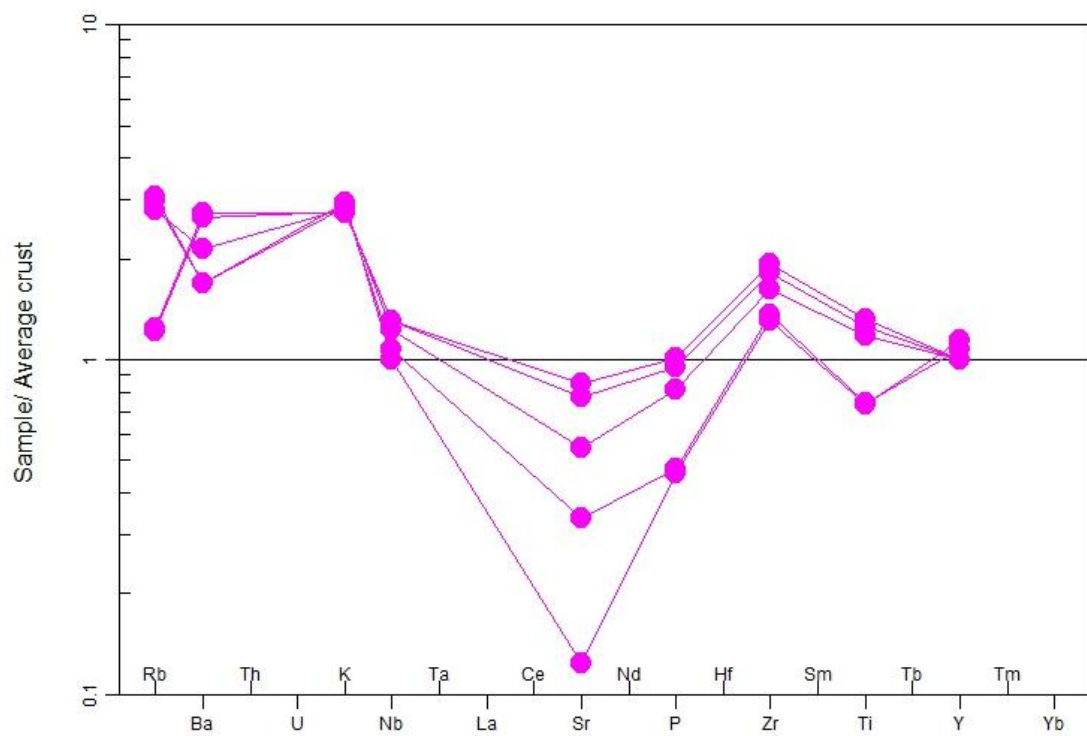


Figura 48: Spiderdiagram normalizado para crosta continental média (Weaver & Turner, 1984).

6.5. DIAGRAMAS DISCRIMINANTES DE AMBIENTES TECTÔNICOS

Diagramas discriminantes de ambientes tectônicos são aplicados quando o mapeamento e a petrografia não são suficientes para determiná-los. Em particular, a determinação dos ambientes de geração dos granitos deve ser feita com cuidado, pois, além de serem gerados em vários ambientes, os teores de elementos maiores, menores e traços nessa rocha podem variar de acordo com o(s) processo(s) petrogenético(s) ocorrido(s).

Segundo os diagramas Rb x Y+Nb e Nb x Y de Pearce *et al.* (1984) (Figura 49), as amostras são plotadas no campo dos granitos de arcos vulcânicos (VAG), e no campo dos granitos de arco vulcânico sin-colisionais (VAG + syn-COLG). Os parâmetros do diagrama R1 x R2 (Batchelor & Bowden, 1985) indicam que o GMC tem afinidades com granitos sin a tardi-colisionais (Figura 50). Esses resultados ratificam a forte herança de arco magmático relacionado à subducção de uma crosta oceânica dessa rocha. Como as plotagens foram muito próximas ao campo de rochas pós-colisionais, pode-se dizer que durante a ascensão do GMC fechava-se o ciclo orogênico e iniciava um ciclo de estabilização crustal.

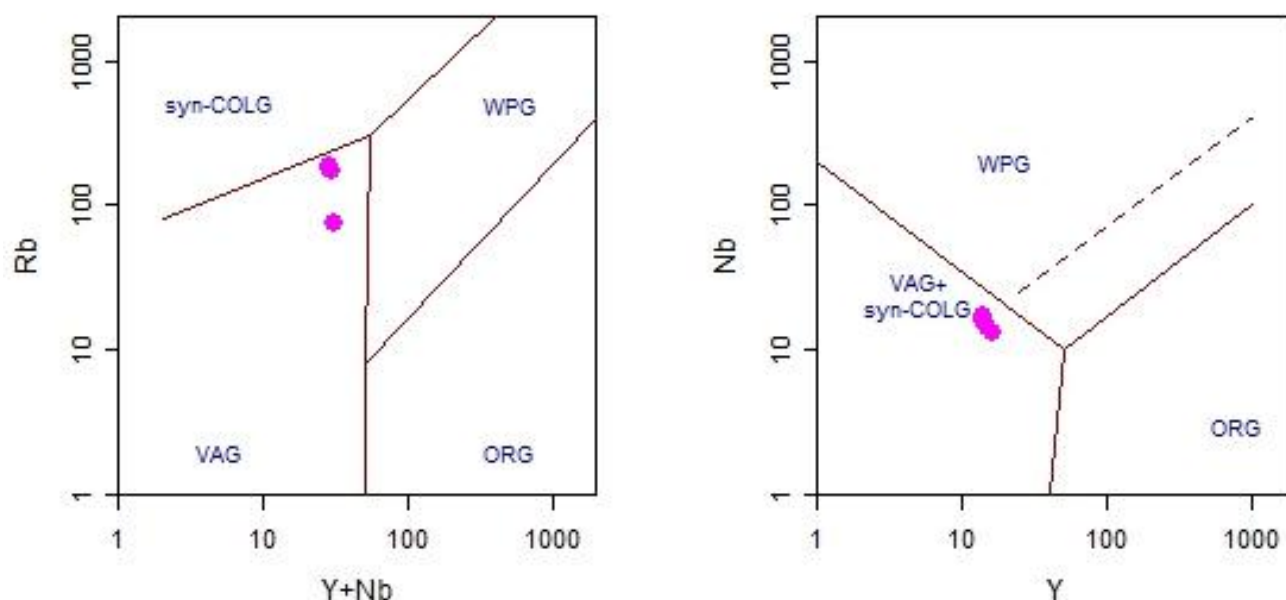


Figura 49: Diagramas discriminantes de ambientes tectônicos (Pearce *et al.*, 1984). Legenda: Granitos de arcos vulcânicos (VAG); Granitos intraplaca (WPG); Granitos de dorsal meso-oceânica (ORG); Granitos sin-colisionais (syn-COLG).

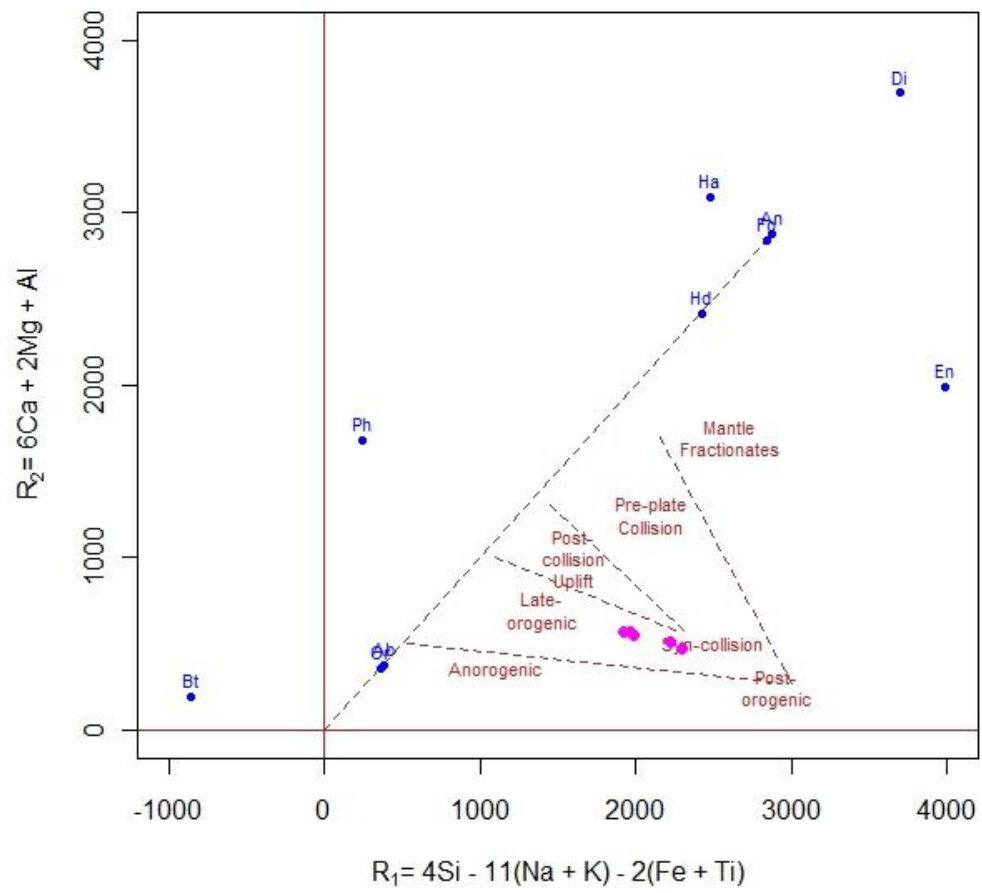


Figura 50: Diagrama R1 x R2 (Batchelor & Bowden, 1985).

7. CONCLUSÕES

A partir das pesquisas bibliográficas e do mapeamento, constatou-se a presença de três unidades na área mapeada: os paragneisses da **Unidade São Fidélis**, os ortogneisses da **Unidade Angelim** e o **Granito Morro do Coco (GMC)**. Os estudos petrográficos e litogeoquímicos permitiram melhor caracterização desta rocha, que foi o foco do estudo.

A **Unidade São Fidélis** é representada por biotita gnaisses migmatíticos com mergulhos até 80°, contendo bolsões de leucossoma no paleossoma, dobras pitgmáticas, porfiroblastos de granada com movimento destal e eventualmente lentes de quartzo microcristalino. O leucossoma possui granulação média a grossa e é composto por plagioclásio, quartzo, granada, biotita e microclina. O paleossoma é composto por biotita, plagioclásio, granada e sillimanita, indicando metamorfismo em fácies granulito. A mineralogia de alteração é composta por clorita, opacos e mica branca, e pode ser reflexo de alterações hidrotermais ou retrometamorfismo.

A **Unidade Angelim** é representada por biotita-gnaisses com foliação marcada por planos biotíticos e megacristais de feldspato. Possui também enclaves microgranulares compostos por biotita, feldspato e granada. A mineralogia é composta por biotita, plagioclásio, microclina, titanita, zircão, allanita, opacos e rutilo. Foi observado que esta unidade apresenta uma variação composicional cuja mineralogia é composta por hornblenda, biotita, plagioclásio, granada, titanita, zircão e rutilo. Segundo o diagrama QAP de Le Maître (2002), o protólito desta rocha é tonalítico a monzogranítico e a mineralogia observada indica metamorfismo em fácies anfibolito.

O **Granito Morro do Coco (GMC)** ocorre em pequenos corpos arredondados nos locais onde esta unidade foi observada, além de diques cortando os ortogneisses da unidade Angelim. Trata-se de uma rocha holocristalina, hololeucocrática, com textura equigranular. A mineralogia é composta por microclina, biotita, plagioclásio, titanita, allanita, zircão, apatita, opacos e eventualmente rutilo.

A integração dos dados de petrografia e litogeoquímica permitiu a caracterização do GMC. Sendo assim, de acordo com o diagrama QAP a rocha foi

classificada como sienogranito. Os diagramas de Harker mostraram empobrecimento de Al, Mg, Ca, Ti e P, enriquecimento em K e dispersão em Fe. Esses resultados indicam que, durante a cristalização ocorreu enriquecimento relativo em potássio. Tendo em vista os parâmetros definidos para rochas da série shoshonítica (Knijnik *et al.*, 2012), que são: enriquecimento em LILE em relação aos HFSE, teores de estrôncio superiores a 400 ppm em média e assinatura francamente peraluminosa, o GMC não pode ser classificado como pertencente a esta série, pois possui teores de estrôncio de 234 ppm em média, assinaturas levemente peraluminosas e razão $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ próxima a 0,5. Portanto, trata-se de uma rocha cálcio-alcálica de alto K.

O padrão fracionado observado nos *spiderdiagrams* normalizado para MORB (Pearce *et al.*, 1983) e normalizado para crosta continental média (Weaver & Turner, 1984) mostram que houve enriquecimento de LILE, provavelmente por fluidos oriundos de crosta subductada e empobrecimento em HFSE, provavelmente por fracionamento de fases refratárias ou retenção desses elementos na fonte magmática.

Os diagramas de ambientes tectônicos de Pearce *et al.* (1984) e Batchelor & Bowden (1985) mostram que o GMC tem afinidades com rochas sin a tardi-colisionais ratificando a herança de arco magmático relacionado a subducção de crosta oceânica.

Considerando a assinatura mineralógica e química do GMC, e comparando com outros granitos já estudados na porção central do estado do Rio de Janeiro, os corpos delimitados neste trabalho podem ser enquadrados na Província Granítica Pós-colisional do estado do Rio de Janeiro (PCGRJ), proposta por Mendes *et al.* (2002). Da mesma maneira, o GMC possui afinidade com os granitos datados por Valeriano *et al.* (2011), que datam do Cambriano Médio ao Ordoviciano Inferior.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.F.M. 1977. O Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, **7**: 349-364.
- ALMEIDA, J.C.H.; TUPINAMBÁ, M.; HEILBRON, M. & TROUW, R. 1998. Geometric and kinematic analysis at the Central Tectonic Boundary of the Ribeira Belt, Southeastern Brazil. *In*: Congresso Brasileiro de Geologia 40, Belo Horizonte, Anais. Sociedade Brasileira de Geologia, 32.
- ALMEIDA, J.C.H. 2000. Zonas de cisalhamento dúctil de alto grau do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul. PhD Thesis, Instituto de Geociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- BATCHELOR, R.A. & BOWDEN, P. 1985. Petrogenetic interpretation of granitoid rocks series using multicationic parameters. *Chemical Geology*, **48**: 43-55.
- CAMPANHA, G.A.C. 1981. O lineamento Além Paraíba na área de Três Rios (RJ). *Revista Brasileira de Geociências*, **11**: 159-171.
- CLARKE, D.B. 1981. The mineralogy of peraluminous granites: a review. *Canadian Mineralogist*, **19**: 1-17.
- COX K.G.; BELL J.D. & PANKHURST R.J. 1979. The interpretation of igneous rocks. Unwin Hyman Ltd., London. 450p.
- DEER, W.A., HOWIE, R.A., ZUSSMAN, J. 2002. Minerais Constituintes das Rochas – Uma Introdução. 2ª Ed. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 727 pp..
- FATAH, T.Y.A. Petrografia e Geoquímica das Rochas do Complexo Rio Negro aflorantes na Região de Sumidouro, RJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, 2011.
- FROST, B.R.; BARNES, C.G.; COLLINS, W.J.; ARCULUS, R.J.; ELLIS, D.J. & FROST, C.D. 2001. A geochemical classification for granitic rocks. *Journal of Petrology*, **42**: 2033-2048.
- GARCIA, R.T. Mapeamento Geológico da Região de Frade, Distrito de Macaé, RJ. Trabalho de Final de Curso – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, 2010.

HEMBOLD, R., VALENÇA, J.G., LEONARDOS JR, O.H. 1965. Mapa Geológico do Estado da Guanabara, 1:50.000, Rio de Janeiro, DNPM / MME.

HEILBRON, M.; MOHRIAK W.; VALERIANO, C.M.; MILANI E.; ALMEIDA, J.C.H. & TUPINAMBÁ, M. 2000. From Collision to Extension: The Roots of the Southeastern Continental Margin of Brazil. In: Mohriak, W.U. & Talwani, M. (Eds), *Atlantic rifts and continental margins. Washington, American Geophysical Union, Geoph. Monogr. Ser. 115*: 1-32.

HEILBRON, M. & MACHADO, N. 2003. Timing of terrane accretion in the Neoproterozoic-Eopaleozoic Ribeira Orogen (SE Brazil). *Precambrian Research*, **125**: 87-112.

HEILBRON, M.; PEDROSA-SOARES, A.C.; CAMPOS-NETO, M.; SILVA, L.C.; TROUW, R.A.J. & JANASI, V. 2004. A Província Mantiqueira. In: Mantesso-Neto, V., Bartorelli, A., Carneiro, C.D.R. & Brito-Neves, B.B. (Eds) *O Desvendar de um Continente: A Moderna Geologia da América do Sul e o Legado da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Beca, São Paulo, 203-234.

HEILBRON, M.; VALERIANO, C.M.; TASSINARI, C.C.G.; ALMEIDA, J.C.H.; TUPINAMBÁ, M.; SIGA JR., O. & TROUW, R.A.J. 2008. Correlation of Neoproterozoic terranes between the Ribeira Belt, SE Brazil and its African counterpart: comparative tectonic evolution and open questions. In: Pankhurst, R.J., Trouw, R.A.J., Brito-Neves, B.B., de Wit, M. (Eds.), *West Gondwana pre-Cenozoic Correlations Across the South Atlantic Region*. Geological Society of London, Special Publication 294, pp. 211–232.

IRVINE, T.N. & BARAGAR, W.R.A. 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth sciences*, **8**: 523-548.

KNIJNIK, D.; BITENCOURT, M.F.; NARDI, L.V.S.; PINTO, V.M. & FONTANA, E. Caracterização geoquímica e estrutural do Granodiorito Cruzeiro do Sul: magmatismo shoshonítico pós-colisional neoproterozoico em zona de transcorrência, região de Quitéria, RS. *Geologia USP, Série científica*, São Paulo, v. 12, **1**: 17-38. Abril, 2012.

LE MAÎTRE, R.W. 2002. Igneous Rocks, A Classification and Glossary of Terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. 2ª edição. Cambridge University Press, Cambridge. 236 pp..

MENDES, J. C. ; JUNHO, M. C. B. ; GHIZI, A. Geology and geochemistry of granitic and dioritic rocks of the São José do Ribeirão intrusive massif, mountain region of Rio de Janeiro State, Brazil. *Revista Universidade Rural. Série Ciências Exatas e da Terra*, Rio de Janeiro, v. 21, n.2, p. 1-11, 2002.

MENDES, J.C.; TEIXEIRA, P.D.; MATOS, G.C. de; LUDKA, I.P.; MEDEIROS, F.F.F. & ÁVILA, C.A. 2007. Geoquímica e geocronologia do granitóide Barra Alegre, faixa móvel Ribeira, Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Geociências*, **37**: 101-113.

MENDES, J.C.; MEDEIROS, S.R. de & CHAVES, E.A. 2011. Assinatura isotópica de Sr e Nd do magmatismo cálcio-alcálico de alto-K na Faixa Ribeira Central: o exemplo do Granito de São Pedro de Lumiar, RJ. *Revista Brasileira de Geociências*, **41**: 408-419.

MORRISON, G.W. Characteristics and tectonic setting of the shoshonite rocks association. 1980. *Lithos*, **13**: 97-108.

PACIULLO, F.V.P.; RIBEIRO A.; ANDREIS, R.R. & TROUW, R.A.J. 2000. The Andrelândia Basin, a Neoproterozoic intra-plate continental margin, southern Brasília Belt. *Revista Brasileira de Geociências*, **30**: 200–202.

PEARCE, J.A. 1983. Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In: Hawkesworth, C.J. & Norry, M.J. (Eds), Continental basalts and mantle xenoliths. Shiva, Nantwich, p. 230-249.

PEARCE, J.A.; HARRIS, B.W. & TINDLE, A.G. 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *J. Petrol.* **25**:956-983.

PECCERILLO, A. & TAYLOR. S.R. 1976. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **58**: 63-81.

SCHMITT, R.S.; PIMENTEL, M.; VAN SCHMUS, W.R.; TROUW, R.A.J. & ARMSTRONG, R.A. 2003. Marine sedimentation related to the latest stages of Gondwana assembly in the Ribeira Belt: new U/Pb data. In: IV South American Symposium on Isotope Geology, Salvador, Brazil, Short Papers, 294–297.

SCHMITT R.S.; TROUW R.A.J.; VAN SCHMUS W.R. & PIMENTEL, M.M. 2004. Late amalgamation in the central part of Western Gondwana: new geochronological data and the characterization of a Cambrian collision orogeny in the Ribeira belt (SE Brazil). *Precambrian Research*, **133**: 29-61.

SILVA, L.C.; SANTOS, R.A.; DELGADO, I.M. & CUNHA, H.C. (Coord) 2000. Mapa Geológico do Estado do Rio de Janeiro em escala 1: 400.000. CPRM/DRM, Rio de Janeiro.

SILVA, L.C.; VIEIRA, V.S.; GUIMARÃES, M.T. & SOUZA E.C. 2000. Neoproterozóico/Cambriano. In: Geologia do Estado do Rio de Janeiro: texto

explicativo do mapa geológico do Estado do Rio de Janeiro. CPRM/DRM, Rio de Janeiro. p: 31-53.

TEIXEIRA, A.G.P. Estudos geoquímicos comparativos de granitos tardi a pós-colisionais do segmento central do Orógeno Ribeira no Estado do Rio de Janeiro. Trabalho de Final de Curso – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, 2010.

TROUW, R.; HEILBRON, M.; RIBEIRO, A.; PACIULLO, F.; VALERIANO, C.M.; ALMEIDA, J.C.H.; TUPINAMBÁ, M. & ANDREIS, R.R. 2000. The Central Segment of the Ribeira Belt. *In: Cordani et al. (Eds.), Tectonic Evolution of South America. Special Publication for the IGC/2000.* p: 287-310.

TUPINAMBÁ, M.; TEIXEIRA, W. & HEILBRON, M. 2000. Neoproterozoic Western Gondwana assembly and subduction-related plutonism: the role of the Rio Negro Complex in the Ribeira Belt, Southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, **30**: 7-11.

TUPINAMBÁ, M.; HEILBRON, M.; DUARTE, B.P.; NOGUEIRA, J.R.; VALLADARES, C.; ALMEIDA, J. SILVA, L.G.E.; MEDEIROS, S.R.; ALMEIDA, C.G.; MIRANDA, A.; RAGATKY, C.D.; MENDES, J. C. & LUDKA, I. P. 2007. Geologia da Faixa Ribeira Setentrional: estado da arte e conexões com a Faixa Araçuaí. *Geonomos*, **15**: 67 – 79.

VALERIANO, C. M.; TUPINAMBÁ, M.; SIMONETTI, A.; HEILBRON, M.; ALMEIDA, J.C.H & EIRADO, L.G. U–Pb LA-MC-ICPMS geochronology of Cambro-Ordovician post-collisional granites of the Ribeira belt, southeast Brazil: Terminal Brasileiro magmatism in central Gondwana supercontinent. *Journal of South American Earth Sciences* (2011), doi:10.1016/j.jsames.2011.03.003

VARELA, P.V. Mapeamento Geológico da Região de Tapera, Distrito de Macaé, Rio de Janeiro. Trabalho de Final de Curso – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, 2011.

WEAVER, B.L. & TARNER, J. 1984. Empirical approach to estimating the composition of the continental crust. *Nature*, **319**: 575-577.

YARDLEY, B.W.D. 1994. Introdução à Petrologia Metamórfica. Editora Universidade de Brasília – Brasília, Brasil.

Google Maps: <http://maps.google.com.br>

Carta Topográfica Morro do Côco, 1: 50000 (SF-24-G-II-3). Disponível em http://geoftp.ibge.gov.br/mapeamento_sistematico/topograficos/escala_50mil/vetor/morro_do_coco26503/vetor/

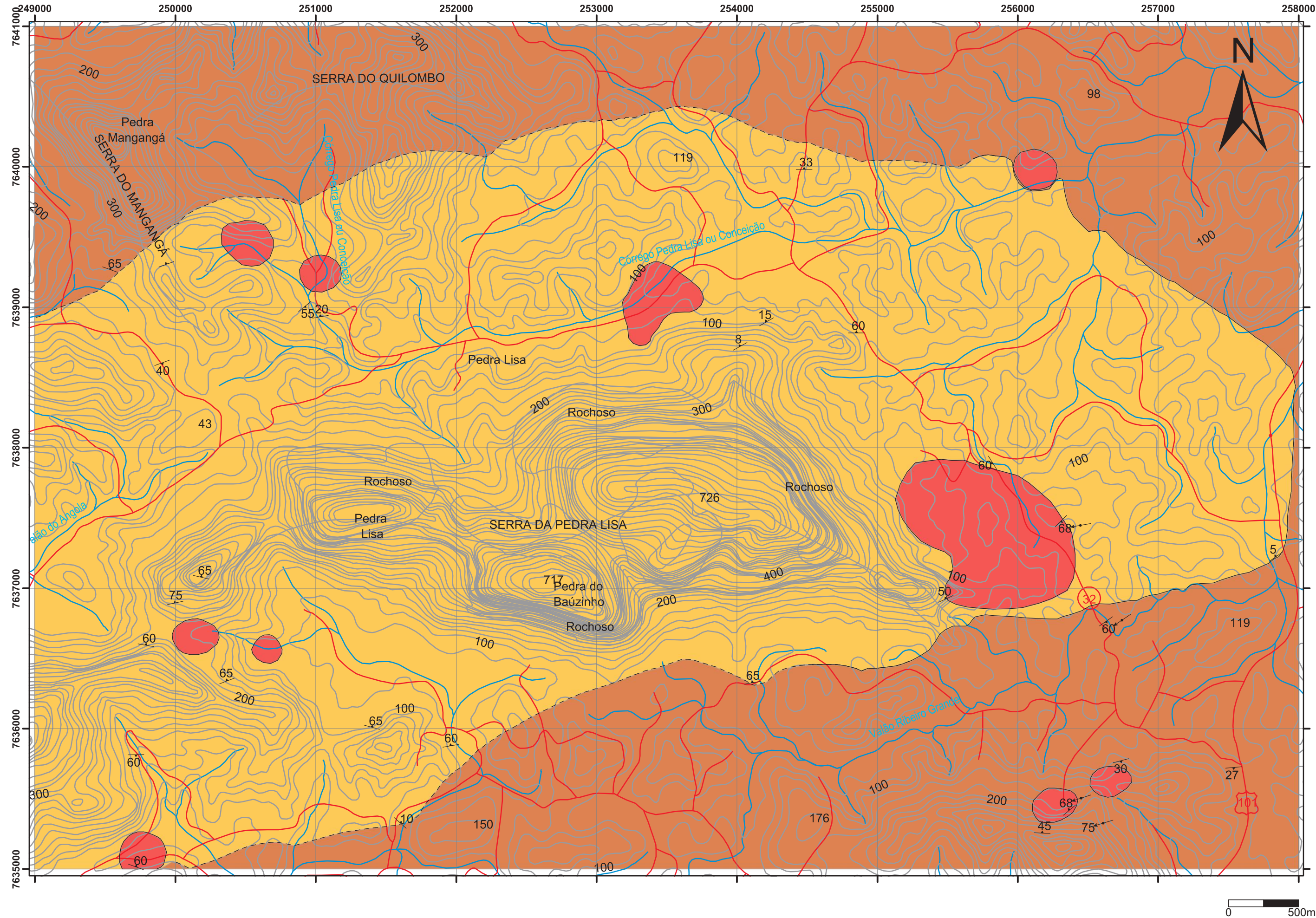
ANEXO I

TABELA DE PONTOS VISITADOS EM CAMPO

Ponto	UTM (W)	UTM (S)	Litologia	Unidade	Exposição	Amostra	Lâmina
CLR-01	254866	7638870	Ortognaisse	Angelim	Afloramento	X	X
CLR-02	256080	7637258	Granito	Morro do Coco	Blocos	X	X
CLR-03	253418	7639252	Granito	Morro do Coco	Blocos	X	X
CLR-04	257526	7635669	Paragnaisse	São Fidélis	Solo		
CLR-05	256722	7636068	Paragnaisse	São Fidélis	Solo		
CLR-06	256732	7635715	Paragnaisse	São Fidélis	Afloramento		
CLR-07	256665	7635628	Granito	Morro do Coco	Blocos	X	X
CLR-08	256502	7635295	Paragnaisse	São Fidélis	Afloramento		
CLR-09	256266	7635256	Paragnaisse/Granito	Contato	Afloramento		
CLR-10	256190	7635308	Paragnaisse	São Fidélis	Blocos		
CLR-11	256246	7635441	Granito	Morro do Coco	Blocos		
CLR-12	256345	7635471	Paragnaisse	São Fidélis	Blocos		
CLR-13	256693	7636488	Paragnaisse	São Fidélis	Solo		
CLR-14	256648	7636711	Paragnaisse	São Fidélis	Afloramento		
CLR-15	256511	7636875	Paragnaisse/Ortognaisse	Contato	Blocos		
CLR-16	256298	7637029	Granito	Morro do Coco	Blocos	X	
CLR-17	255767	7637876	Ortognaisse	Angelim	Afloramento		
CLR-18	254866	7638870	Ortognaisse/Granito	Angelim	Afloramento		
CLR-19	254469	7639942	Ortognaisse	Angelim	Afloramento		
CLR-20	251112	7618006	Ortognaisse	Angelim	Afloramento		
CLR-21	256133	7639969	Granito	Morro do Coco	Blocos		
CLR-22	251112	7637203	Ortognaisse	Angelim	Afloramento		
CLR-23	255479	7636979	Granito/Ortognaisse	Contato	Blocos	X	
CLR-24	255508	7637201	Ortognaisse	Angelim	Blocos		
CLR-25	255319	7637325	Granito/Ortognaisse	Contato	Afloramento		
CLR-26	255187	7637664	Granito/Ortognaisse	Contato	Blocos		
CLR-27	256337	7637428	Paragnaisse/Granito	Contato	Afloramento		
CLR-28	254563	7638881	Paragnaisse	São Fidélis	Afloramento		
CLR-29	253810	7639321	Paragnaisse	São Fidélis	Afloramento	X	
CLR-30	253681	7639058	Granito	Morro do Coco	Blocos		
CLR-31	253442	7638986	Granito	Morro do Coco	Blocos		
CLR-32	253304	7638808	Granito	Morro do Coco	Blocos		
CLR-33	253406	7638702	Ortognaisse	Angelim	Blocos		
CLR-34	254198	7638948	Ortognaisse	Angelim	Afloramento		
CLR-35	254089	7638825	Ortognaisse	Angelim	Afloramento		
CLR-36	254011	7638774	Ortognaisse	Angelim	Afloramento		
CLR-37	254032	7638757	Granito	Morro do Coco	Afloramento		
CLR-38	253979	7638741	Granito	Morro do Coco	Afloramento		
CLR-39			Ortognaisse	Angelim	Afloramento		
CLR-40	254030	7638828	Ortognaisse/Granito	Contato	Afloramento		
CLR-41	253040	7638669	Ortognaisse	Angelim	Blocos		

CLR-42	251038	7638988	Ortognaisse	Angelim	Solo	X	X
CLR-43	251003	7639220	Ortognaisse	Morro do Coco	Afloramento		
CLR-44	250488	7639464	Granito	Morro do Coco	Blocos		
CLR-45	250016	7639408	Ortognaisse	Angelim	Afloramento		
CLR-46	249930	7639362	Ortognaisse	Angelim	Afloramento		
CLR-47	249987	7639144	Ortognaisse	Angelim	Afloramento		
CLR-48	251069	7638734	Ortognaisse	Angelim	Solo		
CLR-49	250754	7638723	Ortognaisse	Angelim	Afloramento		
CLR-50	250297	7638495	Paragnaisse	São Fidélis	Afloramento	X	X
CLR-51	249271	7639571	Paragnaisse	São Fidélis	Solo		
CLR-52	249912	7638549	Paragnaisse	São Fidélis	Afloramento		
CLR-53	249453	7639120	Paragnaisse	São Fidélis	Afloramento		
CLR-54	251845	7638551	Ortognaisse	Angelim	Solo		
CLR-55	254493	7640034	Ortognaisse	Angelim	Afloramento		
CLR-56	257819	7637277	Ortognaisse	Angelim	Solo		
CLR-57	257897	7638471	Ortognaisse	Angelim	Solo		
CLR-58	257107	7639105	Ortognaisse	Angelim	Afloramento		
CLR-59	251647	7635358	Ortognaisse	Angelim	Afloramento		
CLR-60	249752	7635060	Granito	Morro do Coco	Blocos		
CLR-61	254114	7636380	Ortognaisse	Angelim	Blocos		
CLR-62	254206	7636659	Ortognaisse	Angelim	Blocos		
CLR-63	253265	7636462	Ortognaisse	Angelim	Blocos		
CLR-64	253206	7636523	Ortognaisse	Angelim	Blocos		
CLR-65	252321	7636563	Ortognaisse	Angelim	Blocos		
CLR-66	251965	7635932	Ortognaisse	Angelim	Afloramento		
CLR-67	251186	7636650	Ortognaisse	Angelim	Blocos		
CLR-68	251367	7636803	Ortognaisse	Angelim	Blocos		
CLR-69	251428	7636056	Ortognaisse	Angelim	Afloramento		
CLR-70	251428	7636309	Ortognaisse	Angelim	Afloramento		
CLR-71	250650	7636563	Granito	Morro do Coco	Blocos		
CLR-72	250362	7636396	Ortognaisse	Angelim	Afloramento		
CLR-73	250129	7636656	Granito	Morro do Coco	Blocos		
CLR-74	249815	7636643	Ortognaisse	Angelim	Afloramento		
CLR-75	250612	7636729	Ortognaisse	Angelim	Afloramento		
CLR-76	250211	7637126	Ortognaisse	Angelim	Afloramento	X	X
CLR-77	250003	7636950	Ortognaisse	Angelim	Afloramento		
CLR-78	249914	7635505	Ortognaisse	Angelim	Blocos		
CLR-79	249705	7635764	Ortognaisse	Angelim	Blocos		
CLR-80	253257	7639025	Granito	Morro do Coco	Blocos	X	
CLR-81	249568	7639312	Ortognaisse	Angelim	Afloramento		
CLR-82	249920	7638522	Ortognaisse	Angelim	Afloramento		
CLR-83	249445	7639632	Paragnaisse	São Fidélis	Blocos		
CLR-84	249809	7639188	Ortognaisse	Angelim	Afloramento	X	X
CLR-85	250943	7638955	Paragnaisse	São Fidélis	Afloramento		
CLR-86	249705	7635761	Ortognaisse	Angelim	Afloramento		

CLR-87	249970	7635800	Ortognaisse	Angelim	Blocos		
CLR-88	249482	7635137	Ortognaisse	Angelim	Blocos		
CLR-89	252919	7633739	Granito	Morro do Coco	Blocos	X	X
CLR-90	250258	7632949	Paragnaisse/Pegmatito	São Fidélis	Afloramento	X	XX






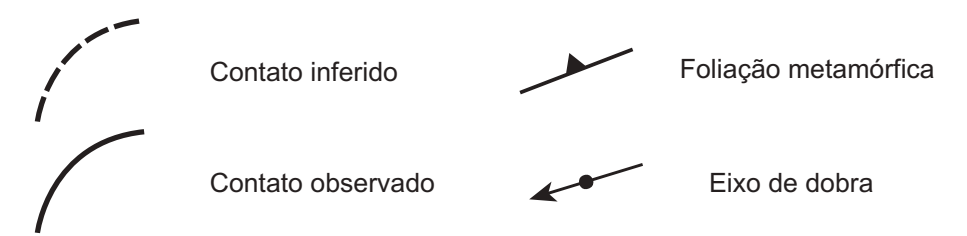
ANEXO II

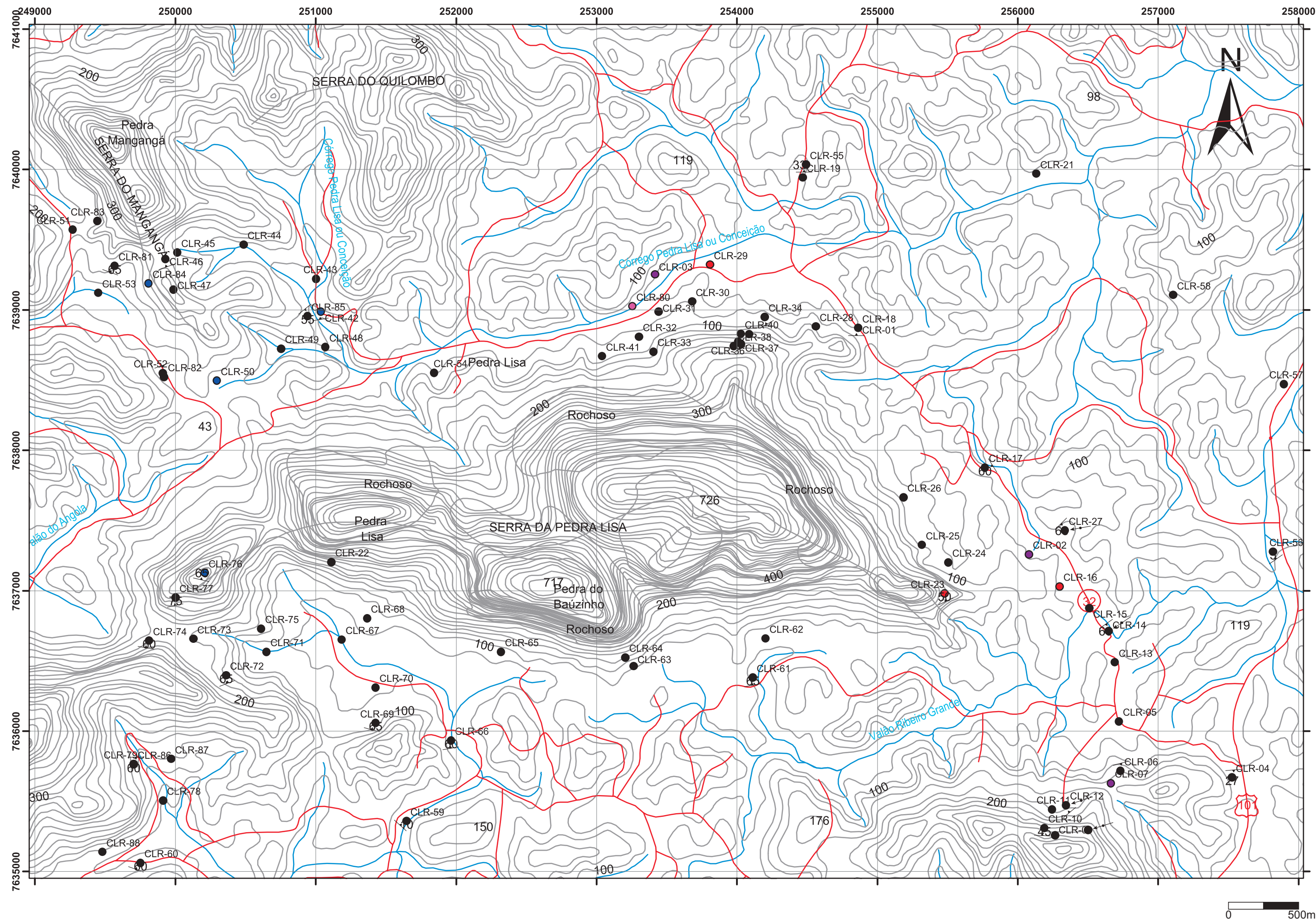
Mapa Geológico de Morro do Coco, Distrito de Campos dos Goytacazes, RJ

Autora: Camila Leão Roland
Orientador: Prof. Dr. Everton Marques Bongioiolo
Coorientador: Prof. Dr. Julio Cezar Mendes

Legenda

PALEOZÓICO	CAMBRIANO	Granitóides Pós-tectônicos	 Granito Morro do Coco
PROTEROZÓICO	NEOPROTEROZÓICO	Granitóides Tardi-collisionais	 Ortognaisse Angelim
	MESOPROTEROZÓICO	Seqüências de Margem Passiva	 Paragnaisse São Fidélis





ANEXO III



Mapa de pontos de Morro do Coco, Distrito de Campos dos Goytacazes, RJ

Autora: Camila Leão Roland
Orientador: Prof. Dr. Everton Marques Bongioiolo
Coorientador: Prof. Dr. Julio Cezar Mendes

Legenda

- Ponto sem amostra
- Ponto com amostra
- Ponto com lâmina
- Ponto com geoquímica
- Ponto com lâmina e geoquímica